

ISSN 0044-3948

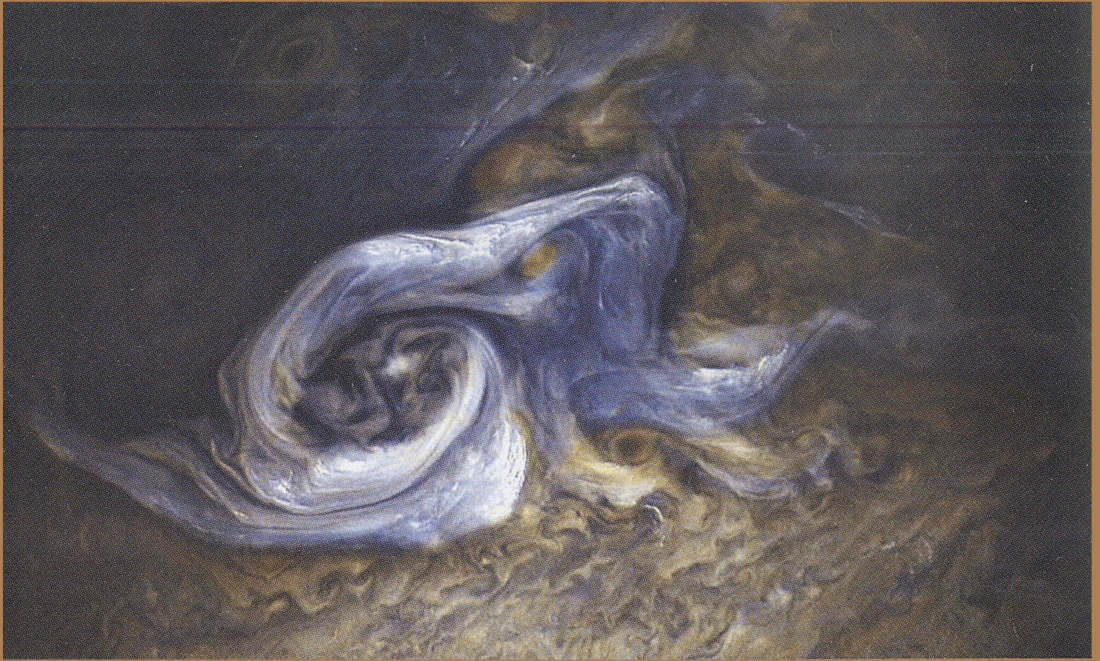
ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

МАРТ-АПРЕЛЬ

2/2018





Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва

Земля и Вселенная

2/2018



Новости науки и другая информация: Тайны галактического гало [18]; Соглашение о постройке орбитального космодрома [34]; 54–55-я основные экспедиции на МКС [35]; Яркий болид [37]; Самая древняя спиральная галактика [52]; Эксперименты по проекту “Sirius” [53]; Межзвездный астероид [65]; Астрономический обзор нового поколения [66]; Пыльные Плеяды [82]; Туманность Вуаль [82]; Планы испытаний американских ракеты и корабля [88]; Шторм на Юпитере [103]; Метановые ливни на Титане [104]; В Галактике обнаружены сложные молекулы [104]; Гигантский айсберг, отделившийся от Антарктиды [105]; “ЭкзоМарс” приступил к работе [109]
Новые книги: Интересное о галактиках [105]

В номере:

- 3 КУРТ В.Г. С ЮБИЛЕЕМ, «СПИТЦЕР»!
19 СОЛОВЬЁВ В.А., СОРОКИН И.В., САЗОНОВ В.В.
Исследования Земли с борта российского сегмента МКС

СЛУЖБА СОЛНЦА

- 38 ИШКОВ В.Н. Солнце в октябре – ноябре 2017 г.

ЛЮДИ НАУКИ

- 41 ГЕРАСИЮТИН С.А. Лайман Спитцер
54 ШОЛЬ Е.И. Константин Иванович Константинов
(к 200-летию со дня рождения)

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 67 ДРЁМОВА Г.Н., ДРЁМОВ В.В., ТУТУКОВ А.В. Звезды: от неподвижности до сверхскоростей

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 83 Форум, посвященный 60-летию запуска первого ИСЗ
89 ГАЛЕЕВ А.И., НЕФЕДЬЕВ Ю.А., ШАГИЕВ Р.Р. Четвертая молодежная школа «Космическая наука»

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 97 БОБЫЛЕВ В.В. Тесные сближения звезд с Солнечной системой

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 106 ЩИВЬЕВ В.И. Небесный календарь: май – июнь 2018 г.



© Российская академия наук, 2018
© Редколлегия журнала
“Земля и Вселенная” (составитель), 2018
© ФГУП “Издательство “Наука”, 2018

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Profsoyuznaya str., 90, f.1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Deputy Editor V.M. Kotlyakov; Deputy Editor S.P. Perov

На стр. 1 обложки: Малое Магелланово Облако (NGC 602), расположенное в 180 тыс. св. лет от нас. Изображение в искусственных цветах составлено 3 апреля 2013 г. из снимков в рентгеновском (малиновый цвет), инфракрасном (желтый и красный) и видимом диапазонах (синий и зеленый), полученных с помощью космических обсерваторий “Чандра”, “Спитцер” и КТХ. Фото NASA, ESA, JPL, STSCI (к статье В.Г. Курта).

На стр. 2 обложки: вверху – Шторм на Юпитере. Снимок получен 24 октября 2017 г. с помощью АМС “Юнона” с расстояния 10 108 км от облачного слоя планеты на широте 41,84° с.ш., разрешение – 6,7 км. Фото NASA (к стр. 103); внизу – Яркий болид пролетает над древней Ла Вилла на горнолыжном курорте Альта Бадия в итальянских Доломитовых Альпах. Снимок получен 14 ноября 2017 г. астрономом-любителем Олли Тейлором (Англия; к стр. 37).

На стр. 3 обложки: вверху – Рассеянное звездное скопление Плеяды на фоне газопылевого облака в созвездии Тельца. Слева внизу видна комета C/2015 ER₆₁ (PanSTARRS). Снимок получен в 2017 г. Х.-К. Касадо (Испания; к стр. 82); внизу – Экипаж 54/55-й основной экспедиции на МКС: Дж. Акаба, М.Ванде Хей (США), А.А. Мисуркин, А.Н.Шкаплеров (Россия), С.Тингл (США) и Н. Канаи (Япония). Фото NASA (к стр. 35).

На стр. 4 обложки: Туманность Вуаль (NGC 6979) в созвездии Лебедя – остаток сверхновой (расширяющееся облако), образовавшийся после взрыва массивной звезды. Свечение ионизованного водорода, атомов серы и кислорода показаны красным, зеленым и синим цветами. Экспозиция – 3 ч 30 мин. Снимок сделан 12 ноября 2017 г. Сарой Мегер (Венгрия; к стр. 82).

In this issue:

- 3 KURT V.G. Happy Anniversary, “SPITZER”
19 SOLOVYOV V.A., SOROKIN I.V., SAZONOV V.V.
Earth Studies from the Russian Segment of ISS

SOLAR MONITORING SERVICE

- 38 ISHKOV V.N. The Sun in October – November 2017

PEOPLE OF SCIENCE

- 41 GERASYUTIN S.A. Lyman Spitzer
54 SCHOLL E.I. Konstantin Ivanovich Konstantinov (to the 200th Anniversary of Birth)

HISTORY OF SCIENCE

- 67 DRYOMOVA G.N., DRYOMOV V.V., TUTUKOV A.V.
Stars: from Fixed Positions to Hypervelocities

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 83 Forum devoted to the 60th Anniversary of First Artificial Earth Satellite Launch
89 GALEEV A.I., NEFEDYEV Yu.A., SHAGIEV R.R.
Fourth Youth School “Space Science”

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 97 BOBYLEV V.V. Close Encounters of Stars with Solar System

AMATEUR ASTRONOMY

- 106 SHCHIV’YOV V.I. Celestial Calendar: May–June 2018

Редакционная коллегия:

и. о. главного редактора доктор физ.-мат. наук С.П. ПЕРОВ,
зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ,
летчик-космонавт П.В. ВИНОГРАДОВ,
кандидат филологических наук О.В. ЗАКУТНЯЯ,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ, доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,
летчик-космонавт А.Ю. КАЛЕРИ, кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,
доктор физ.-мат. наук А.А. ЛУТОВИНОВ, доктор физ.-мат. наук О.Ю. МАЛКОВ,
доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ, академик И.И. МОХОВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К.А. ПОСТНОВ,
доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН,
научный директор Московского планетария Ф.Б. РУБЛЁВА,
член-корр. РАН А.Л. СОБИСЕВИЧ, член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,
академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО,
член-корр. РАН Б.М. ШУСТОВ

С юбилеем, “Спитцер”!

В.Г. КУРТ,
доктор физико-математических наук
Астрокосмический центр ФИАН

25 августа 2018 г. исполняется 15 лет со дня запуска космической обсерватории “Спитцер” (Земля и Вселенная, 2004, № 3, с. 29–30). Этот космический аппарат с комплексом аппаратуры для наблюдений в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах входит в пятерку самых дорогих (около миллиарда долларов) и самых сложных обсерваторий NASA и ESA. Эти аппараты предназначены для астрономических наблюдений в широком спектральном диапазоне: от гамма-излучения до миллиметровых радиоволн. Наиболее известна из них космическая обсервато-



рия с оптическим 2,5-м телескопом, названная в честь американского астронома Эдвина Хаббла (Земля и Вселенная, 2005, № 6; 2010, № 6). В это семейство входят также обсерватории

“Чандра” (рентгеновская; Земля и Вселенная, 2000, № 4, с. 59–60; 2017, № 4), “Гайя” (астрометрическая; Земля и Вселенная, 2014, № 3) и “Гершель” (инфракрасная; Земля и Вселенная, 2012, № 3).

В предлагаемой статье приводятся диапазоны наблюдений различных объектов во Вселенной, освещаются условия работы космической обсерватории “Спитцер”, представлены состав ее научных приборов и основные результаты за почти 6 лет исследований по основной программе, а также рассказывается о перспективных проектах в этой области спектра.

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА НА БОРТУ

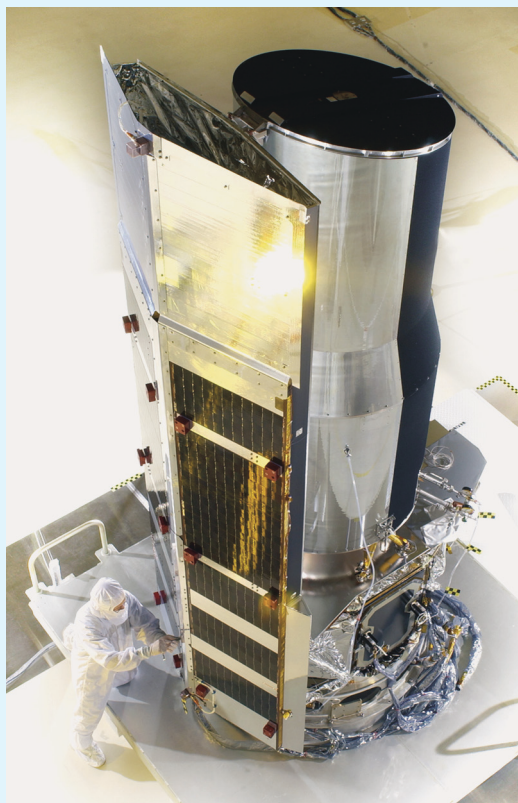
Телескопы всех научных спутников инфракрасного диапазона (в том числе и субмиллиметрового) требуют создания

на борту космического аппарата системы охлаждения (вплоть до температуры жидкого гелия 2–4 К (–270 °C)) главного и вторичного зеркал, а также всей аппаратуры

регистрации излучения и элементов монтировки телескопа. В противном случае фон, создаваемый тепловым излучением зеркал и всех элементов конструкции, будет



Криостат с охлажденным до температуры 2,7 К гелием, установленный на космической обсерватории "Спитцер". Фото NASA/JPL.



Установка теплозащитного экрана на космическую обсерваторию "Спитцер" в Лаборатории реактивного движения. Фото NASA/JPL.

на много порядков превышать излучение исследуемых астрономических объектов. Для осуществления столь глубокого охлаждения на спутнике устанавливается криостат (сосуд Дьюара) с жидким гелием, хранящимся при температуре 4 К. Регулируемый клапан давления над поверхностью жидкого гелия обеспечивает его медленное испарение в открытое космиче-

ское пространство, и в криостате поддерживается давление около 0,1 атмосферы. При таком давлении температура жидкого гелия еще снижается и устанавливается на уровне 2,7 К. С помощью металлических и газовых теплопроводников все элементы телескопа: зеркала, их оправы и другие элементы конструкции охлаждаются почти до такой температуры. Конечно, при

этом гелий из криостата понемногу улетучивается в космос, так что приходится брать с собой на орбиту большой его запас, вплоть до нескольких тысяч литров жидкого гелия плотностью 0,1 г/см³.

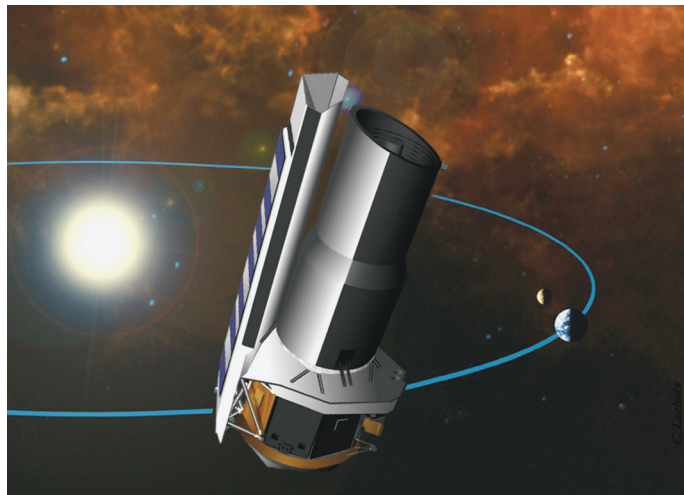
С целью экономии гелия криостат закрывают от Солнца хорошо отражающим теплозащитным экраном, а также стараются сделать так, чтобы тепловое излучение Земли и Луны не нагревало

криостат: дело в том, что всегда температура Земли (и на дневной, и на ночной стороне) равна около 300 К, а наша планета занимает на небе, видимом со спутника на низкой орбите, очень большой телесный угол – вплоть до 120–140°, то есть почти полнеба.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ДИАПАЗОНЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Космические аппараты, работающие в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах, приходится выводить на высокоапогейные орбиты или даже в точку Лагранжа L2 на расстоянии 1,5 млн км от Земли, чтобы уменьшить нагрев от Земли и Луны. В этой точке (их всего 5) притяжение спутника от Луны и от Земли равны друг другу. Выполнять же наблюдения в данных диапазонах с поверхности Земли практически невозможно, так как земная атмосфера поглощает почти полностью это излучение, да и сама также светится довольно ярко.

Чем же интересен этот диапазон и почему астрономы должны переживать и преодолевать столь большие трудности? Дело в том, что в инфракрасном диапазоне спектра светится холодное вещество Вселенной. Это планеты Солнечной системы, их спутники, астероиды и кометы, а также межпла-



Космическая обсерватория “Спитцер” на гелиоцентрической орбите. Рисунок NASA/JPL.

нетная пыль, сконцентрированная в плоскости эклиптики. При хорошем угловом разрешении (менее одной угловой минуты дуги) в этом же диапазоне можно изучать и экзопланеты, облака холодной пыли и газа в нашей Галактике; а их масса составляет 10–15% от массы всех звезд в Галактике. Ярко светятся в ИК-диапазоне и холодные звезды: коричневые и бурые карлики с температурой поверхности всего 1–3 тыс. К.

Внегалактические объекты, наблюдающиеся в ИК-диапазоне от 1 мкм и вплоть до 1 мм (впрочем, это уже, скорее, радиодиапазон), также представляют огромный интерес для ученых. К ним относятся обычные галактики, карликовые, неправильные галактики

и квазары, излучающие гигантский поток энергии в этом диапазоне (главным образом нетепловой природы). Только в этой области спектра можно исследовать зоны звездообразования в нашей и других галактиках, то есть плотные и маленькие протопланетные комплексы, в которых звезды еще не вспыхнули или очень слабо светятся, закрытые пылевыми облаками (звезды типа Т Тельца; Земля и Вселенная, 2018, № 1). Облака холодного газа с температурой всего 10–100 К могут светиться как обычным тепловым (чернотельным) излучением Планка, так и мазерным, с необычайно узкими спектральными линиями в ИК- или радиодиапазонах (с шириной линий вплоть до нескольких



Старт ракеты-носителя "Дельта-2" с космической обсерваторией "Спитцер" 25 августа 2003 г. с базы ВВС США на мысе Канаверал. Фото NASA.

мощное инфракрасное излучение, природа которого до сих пор не совсем ясна.

Максимум реликтового космологического излучения приходится на длину волны 1,9 мм, а его виновская часть (лежит в более коротковолновой области) как раз и приходится на ИК- и субмиллиметровый диапазоны: 10–100 мкм. Для исследования этого излучения необходимы достаточно крупные телескопы с угловым разрешением лучше 1', что позволяет исследовать пространственные космологические флуктуации микроволнового фона. Это дает, в свою очередь, возможность вычислить несколько (порядка десятка) космологических параметров, позволяющих судить о первых мгновениях рождения Вселенной.

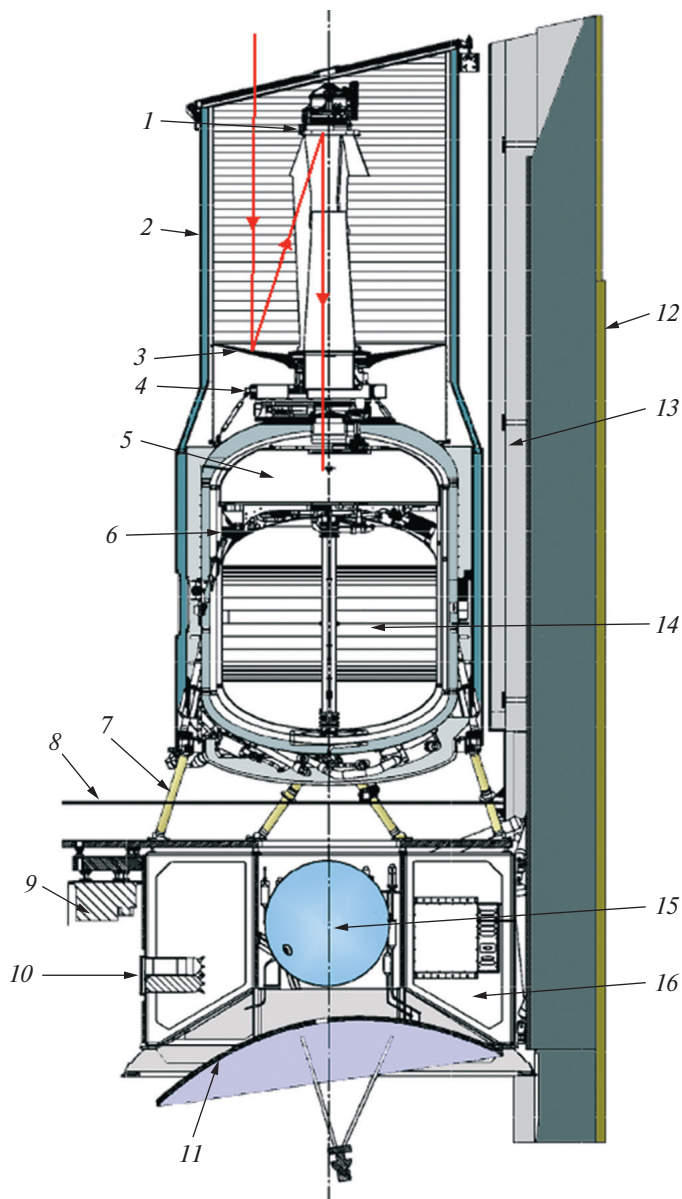
Для решения всех вышеперечисленных космологических проблем и предназначены специализированные космические аппараты с телескопами, работающими в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах. К ним относятся запущенные одновременно 14 мая 2009 г. космические обсерватории "Планк" и "Гер-

герц при частоте в центре линии около 10^{13} Гц). Тогда яркостная температура в этих линиях может достигать миллионов или даже десятков миллиардов градусов.

Встречаются и особые галактики с аномально высоким процессом звездообразования. Астрономы получают важную информацию в ИК-диапазоне об остатках Сверхновых: например, Крабовидной туманности или о ярчайшем радиоисточнике Кассиопея-А (Cas-A; Земля и Вселенная, 2008, № 1). В их оболочках

светится как газ самого остатка, так и межзвездный газ, который эта быстро расширяющаяся оболочка захватила в процессе своего расширения. Инфракрасное излучение "выдает" присутствие горячей пыли во внешней части оболочки, тогда как излучение в видимом и рентгеновском диапазонах свидетельствует о сложной волокнистой структуре горячего газа с температурой вплоть до десятков миллионов градусов. Среди квазаров существует особый класс, имеющий

Схема внутреннего устройства космической обсерватории "Спитцер": 1 – телескоп, 2 – корпус телескопа, 3 – крышка отсека с приборами, 4 – клапан криостата для охлаждения аппаратуры телескопа, 5 – отсек с научными приборами, 6 – вакуумная оболочка вокруг криостата, 7 – ферма крепления криостата со служебным модулем, 8 – экран служебного модуля, 9 – звездный датчик, 10 – буферная батарея системы энергоснабжения, 11 – узконаправленная радиоантенна, 12 – панель солнечной батареи системы энергоснабжения, 13 – теплозащитный экран, 14 – криостат (бак с гелием), 15 – бак с азотом, 16 – блоки электроники и гироскопы. Рисунок NASA/JPL.



шель" (Земля и Вселенная, 2009, № 5, с. 43–45; 2012, № 3; 2013, № 6, с. 110–111; 2014, № 1).

НЕМНОГО О КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ

Американская космическая обсерватория "Спитцер" стартовала 25 августа 2003 г. с базы ВВС США на мысе Канаверал с помощью ракеты-носителя "Дельта-2", которая вывела ее на промежуточную круговую орбиту высотой 588 км, а затем космический аппарат перевели на гелиоцентрическую орбиту, близкую к орбите Земли. Расстояние между спутником и нашей планетой медленно увеличивалось и через год

достигло 1,5 млн км. К 2005 г. обсерватория вышла на орбиту с перигеем 0,98 а.е. и апогеем 1,02 а.е., наклонением – 1,13° и периодом обращения – 367,2 сут. Благодаря выводу на эту орбиту, с большим уда-

лением от Земли и Луны, удалось существенно уменьшить расход жидкого хладагента, что, в свою очередь, продлило время активной работы обсерватории до 10 лет. Обсерватория и сейчас, после выработки хлада-

гента, сохраняет свою частичную работоспособность.

Космический аппарат диаметром 2,1 м, длиной 4,45 м и общей массой (с криостатом) 950 кг. Он состоит из трех отсеков – криогенного телескопа, служебного модуля и солнечной батареи с солнцезащитным экраном. В его верхней части на служебном модуле установлены криогенный бак с 360-ю литрами жидкого гелия, над ним расположены охлаждаемая гелием камера с научными приборами и телескопом, имеющим эффективную апертуру 0,85 м (точность наведения на исследуемый астрономический объект не хуже 5" и удерживается с погрешностью 0,3"). Телескоп массой 50 кг заключен в цилиндрическую оболочку, служащую одновременно защитой от пыли и тепла; он установлен на баке криостата с жидким гелием, который его охлаждал до 8,4 К (главное зеркало – до 5,5 К). В нижней части аппарата (в служебном модуле) размещены системы ориентации и управления, связи, терморегулирования; хранения, обработки и передачи информации. Бортовой компьютер с объемом оперативной памяти 25 Мбайт записывал информацию емкостью до 8 Гбит и передавал ее на Землю со скоростью до 2,2 Мбит/с. "Спитцер"

оснащен системой ориентации со звездной коррекцией, трехосной системой стабилизации (четыре гироскопа) и двумя комплектами по 6 микродвигателей системы управления. Пространственное положение космического аппарата изменяла система ориентации со скоростью на 1' за 20 с или на 1° за 100 с. Сбоку к корпусу телескопа и служебного модуля прикреплены солнцезащитный экран и панель солнечной батареи системы энергоснабжения длиной 3,3 м, шириной 0,72 м с мощностью 427 Вт. Изготовила и испытала аппарат американская компания "Lockheed Martin Space Systems", телескоп разработала и изготовила фирма "Ball Aerospace". Научный руководитель программы – доктор М.Вернер (Лаборатория реактивного движения).

Первоначально обсерватория получила обозначение SIRTf (Space Infrared Telescope Facility – устройство космического инфракрасного телескопа), а после успешного выведения на орбиту ей дали имя замечательного американского астронома Лаймана Спитцера, известного своими работами в области формирования звезд, физики межзвездной среды, звездных атмосфер и плазмы (см. статью Герасютина С.А. в этом номере журнала).

Л.Спитцер был одним из первых ученых, кто предложил использовать спутники для астрофизических исследований вне земной атмосферы. Сейчас "Спитцер" принадлежит к крупнейшим в мире космическим инфракрасным обсерваториям; она уступила этот титул лишь через шесть лет обсерватории "Гершель", которая была запущена на орбиту в 2009 г. Стоимость проекта на момент запуска составила 720 млн долларов (без учета эксплуатации), за 10 лет работы она возросла до 1,5 млрд долларов.

НАУЧНАЯ АППАРАТУРА ОБСЕРВАТОРИИ

Приборы обсерватории "Спитцер" создавались в ходе совместной программы Лаборатории реактивного движения (JPL) и Калифорнийского технологического института (CalTech). На ее борту установлен криогенный телескоп, построенный по стандартной оптической схеме Ричи-Кретьена (оба зеркала гиперболической формы) с диаметром главного зеркала всего 85 см. Главное зеркало телескопа было сделано из бериллия, с фокусным расстоянием 10,2 м (то есть со светосилой 1:12). Температура зеркала за все время активной работы аппарата не превышала 5,5 К, тогда как детекторы охлаждались до

Монтаж зеркала телескопа и инфракрасной камеры IRAC для последующего крепления на криостате обсерватории "Спитцер". Фото NASA/JPL.

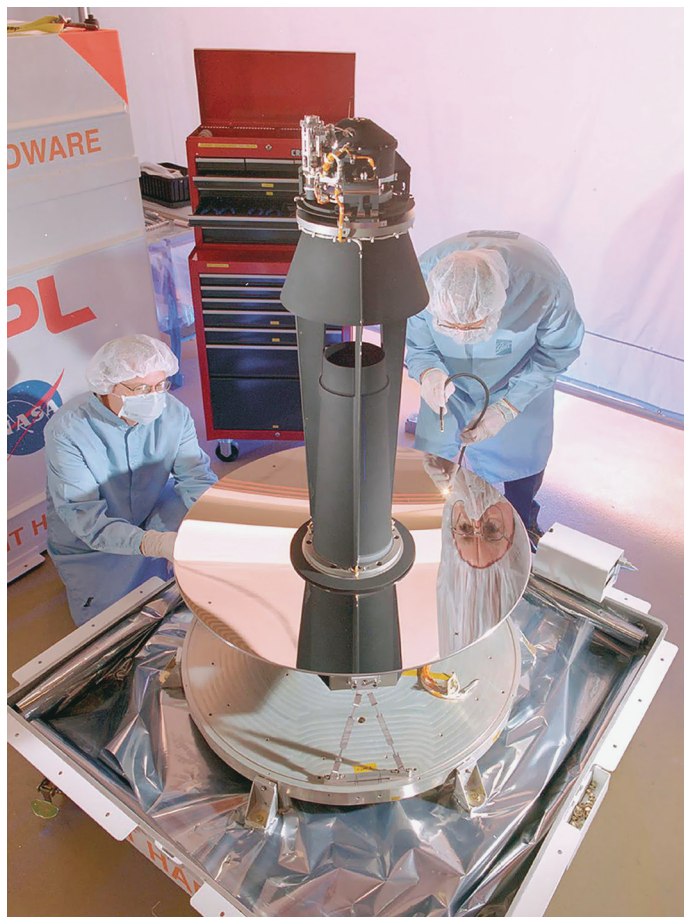
нескольких милликельвинов. В фокальной плоскости телескопа были помещены три регистрирующих прибора, работавшие в диапазоне 3–180 мкм:

- многозональная инфракрасная камера для получения изображений (IRAC);

- инфракрасный спектрометр (IRS);

- детектор для получения изображений в дальнем ИК-диапазоне (MIPS).

Прибор IRAC позволял получать одновременно изображения в четырех коротковолновых диапазонах – 3,6; 4,5; 5,8 и 8 мкм; для этого использовались четыре охлаждаемые матрицы из антимонида индия (InSb); в результате получались изображения с разрешением 256×256 пикселей. Наблюдаемый объект с угловым размером 1" в фокусе телескопа соответствовал 50 мкм. Например, с помощью прибора IRAC в трех диапазонах 2 декабря 2007 г. было получено изображение одной из близких к нам (650 св. лет) планетарных туманностей NGC 7293 (Caldwell 63) "Улитка" (или "Око Бога") в Водолее. Удалось запечатлеть детали ее яр-



кой внутренней области размером около 3 св. лет и слабое внешнее гало диаметром более 6 св. лет. Красный цвет в середине "глаза" отображает момент выбрасывания газа из центральной погибшей горячей звезды – белого карлика. Более яркий красноватый круг – это пылевой диск, окружающий белый карлик. От звезды радиально распространяются 20 тыс. кометных узелков, состоящих из "хвостов" и "ядрышек". Установлено, что скорость рас-

ширения туманности составляет 31 км/с, и на основе этого был определен ее возраст – 10 600 лет.

Второй прибор – ИК-спектрометр IRS – позволял получать спектры в области от 10 до 40 мкм. В двух диапазонах – 10–19,5 мкм и 19–37 мкм – было реализовано высокое спектральное разрешение, а в диапазоне 14–40 мкм – низкое. Все три охлаждаемые матрицы спектрометра имели разрешение 128×128 пикселей; третий, длинноволновой интервал длин



Планетарная туманность NGC 7293 (Caldwell 63) "Улитка" (Helix), или "Око Бога", находящаяся в созвездии Водолея на расстоянии 650 св. лет от Солнца. В ее центре расположен белый карлик, вокруг которого в результате взрыва образовалось газопылевое облако (отмечено зеленым цветом). Изображение получено 2 декабря 2007 г. с помощью прибора IRAC: голубой цвет соответствует 3,6–4,5 мкм; зеленый – 5,8–8 мкм, красный – 24 мкм. Фото NASA/JPL.

волн, был снабжен тремя охлаждаемыми матрицами: с разрешением 128×128 элементов для длины волны 24 мкм, 32×32 пикселя – для диапазона 70 мкм и разрешением 20×20 пикселей для 160 мкм. Благодаря таким показателям с помощью прибора IRS на обсерватории "Спитцер" 17 декабря 2005 г. в диапазоне 24 мкм путем объединения 11 тыс. снимков, сделанных за 18 ч экспозиции, было получено изображение нашей соседки – спиральной галактики туманности Андромеды (M31; NGC 224) диаметром 220 тыс. св. лет. Звезды здесь рождаются в рукавах, а ближе к ядру остаются их более древние представители. Такие снимки помогают исследовать тонкую структуру пылевых облаков и определять, где на-

ходятся области звездообразования.

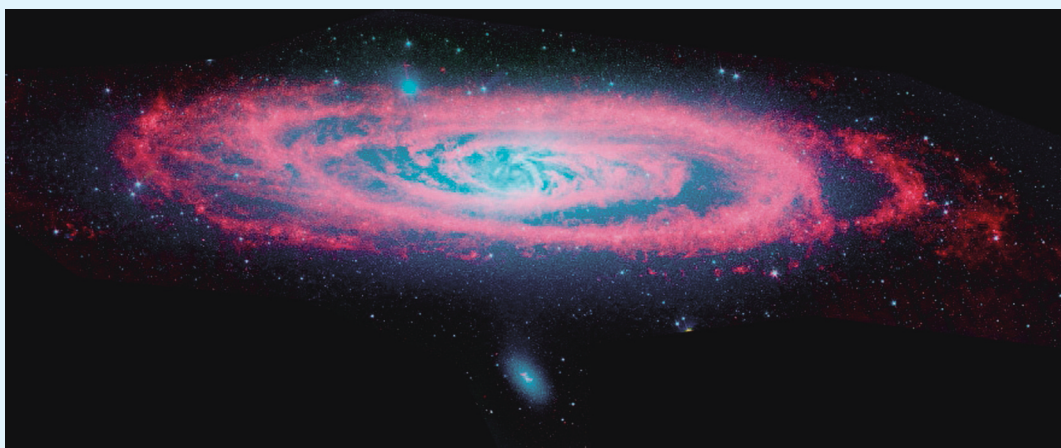
С помощью фотометра MIPS были получены изображения в дальнем ИК-диапазоне и проведены спектральные исследования в трех каналах: 24, 50–100 и 160 мкм с полем зрения $5,3' \times 5,3'$.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОБСЕРВАТОРИИ

15 мая 2009 г., то есть после 5,5 лет активного функционирования, запас жидкого гелия в криостате закончился, однако и после этого обсерватория продолжила исследования, хотя уже и с не такой высокой чувствительностью регистрирующей аппаратуры. Главное ее научное достижение – наблюдение активных зон рождения звезд в нашей Галактике и газопылевых комплексов в туманности Ориона.

Обсерватория получила 400 тыс. изображений всей галактической плоскости в четырех длинах волн; был составлен полный обзор области Млечного Пути в интервале галактических долгот от 0° до 278° в длинноволновом диапазоне. Всего же за 10 лет наблюдений вдоль полосы галактической плоскости было получено 800 тыс. изображений (см. на сайте обсерватории: <http://www.spitzer.caltech.edu/>) различных объектов: туманностей, скоплений звезд, межзвездных пылевых облаков, газопылевых протопланетных дисков, областей звездообразования, двойных нейтронных звезд, остатков сверхновых, коричневых карликов, экзопланет.

Одно из впечатляющих изображений, сделанных в пределах нашей Галактики обсерваторией



Спиральная галактика туманность Андромеды (M31; NGC 224), удаленная от нас на 2,52 млн св. лет. Заметен контраст древних звезд (синий цвет) и волнообразных дуг пыли, закручивающихся к центру (малиново-красный); области звездообразования (белый) находятся в рукавах. Снимок получен 7 декабря 2005 г. в диапазоне 24 мкм с помощью прибора IRS Фото NASA/JPL.

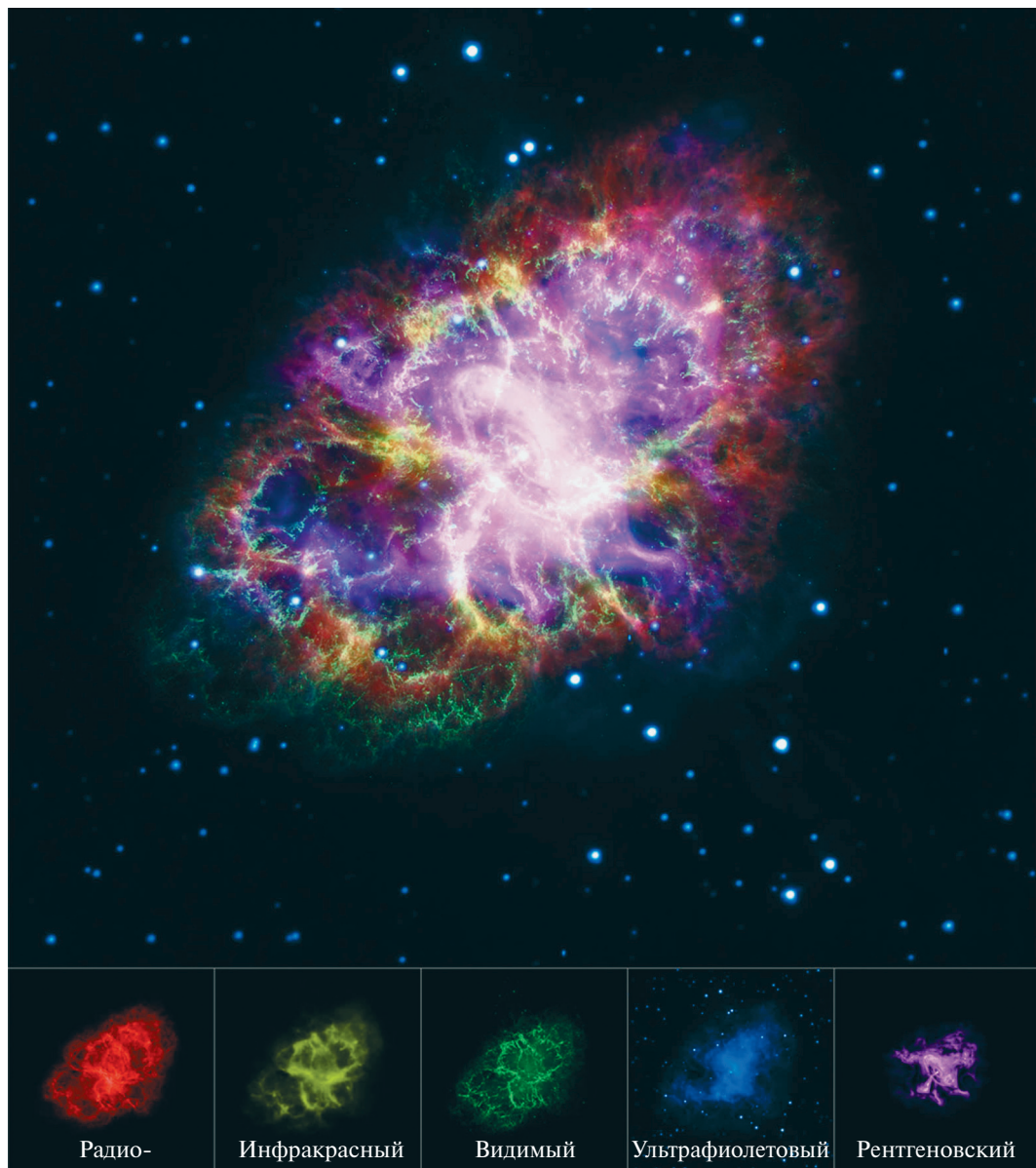
“Спитцер”, демонстрирует яркую диффузную туманность Киля (Carina Nebula, NGC 3372), распо-

ложенную в 7500 св. лет от Солнца. Это область ионизованного водорода размером 150 св. лет,

где пыль и газ сформировались под действием звездного ветра и излучения сверхмассив-

Эмиссионная туманность в созвездии Киля (NGC 3372) – область ионизованного водорода, находящаяся в 7500 св. лет от нас. Излучение горячих звезд создало пузырь раскаленного газа, который все еще расширяется (на снимке пыль окрашена в малиновый цвет, газ – в зеленый). Звездный ветер и ультрафиолетовое излучение горячих звезд “давят” на холодный водород, создавая новые звезды. В центре находится массивная звезда с массой $100 M_{\odot}$. Вероятно, она скоро станет Сверхновой. Изображение получено 22 августа 2013 г. Фото NASA/JPL.

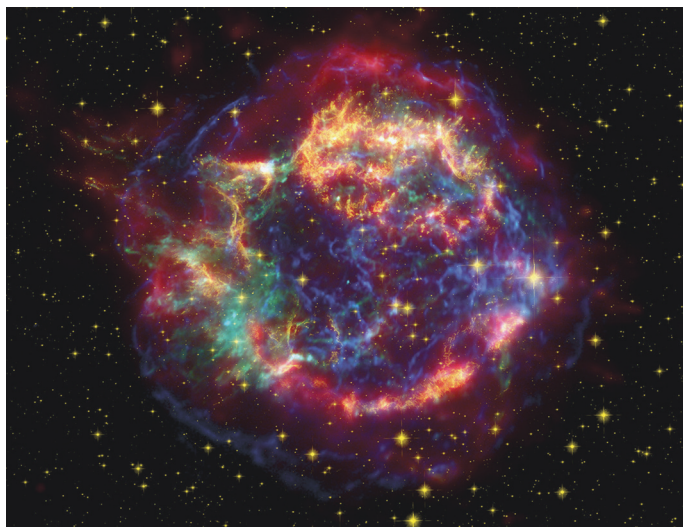




Крабовидная туманность (M1, NGC 1952) в созвездии Тельца (около 7 тыс. св. лет от нас) – остаток Сверхновой 1054 г. Волокна туманности содержат, кроме водорода и гелия, другие вещества – азот, кислород, неон и серу; они раскрашены разными цветами – в зависимости от диапазона. Изображение в рентгене, оптике, УФ- и ИК-спектрах синтезировано из снимков, полученных в разных длинах волн (указаны внизу) с помощью оптического 8,2-м телескопа VLA Европейской Южной Обсерватории и космического телескопа Хаббла; а также на обсерваториях “Спитцер”, “Чандра” и “ХММ-Newton”. Фото NASA/JPL/STScI/NRAO/ESO.

ной звезды Eta Carinae (HD 93308) с массой $100 M_{\odot}$. Туманность из газопылевых облаков массой 140 тыс. $M_{\odot}$ в своих границах имеет несколько звездных скоплений: две большие группы звезд спектрального класса O и B, одно из самых молодых звездных скоплений Trumpler 14; скопление Trumpler 16 “приютило” звезду Вольфа–Райе WR25 – по-видимому, самую яркую звезду нашей Галактики. Внутри туманности Киля находятся туманности Гомункулус и Замочная скважина, а также несколько рассеянных звездных скоплений.

Обсерваторией “Спитцер” получены уникальные изображения небесных объектов в Млечном Пути: например, знаменитой Крабовидной туманности (M1, NGC 1952) в созвездии Тельца. Эта Сверхновая наблюдалась в эпоху раннего средневековья в 1054 г. Ее ажурная волокнистая структура представляет собой расширяющуюся со скоростью около 1200 км/с оболочку общей массой 0,05–0,1 $M_{\odot}$ в форме правильного эллипсоида размером 9×6 св. лет. Ионизованный газ волокон с температурой 17 тыс. градусов К состоит из водорода с примесью гелия, азота, кислорода, неона и серы. В центре туманности расположена нейтронная звезда – пульсар PSR B0531+21 – самый мощный источ-



Ярчайший радиоисточник Кассиопея-А (Cas-A), находящийся на расстоянии в 11 тыс. св. лет от нас. Это – остаток взрыва Сверхновой, свет от которого достиг Земли 320 лет назад. Газовое облако, расширяется со скоростью около 5 тыс. км/с. Сейчас основной поток излучения Cas A генерируется в рентгеновском диапазоне, возникающем от газа, нагретого ударной волной. Изображение синтезировано из снимков, полученных в разных диапазонах: видимый – с помощью Космического телескопа Хаббла, рентгеновский – “Чандра”; снимок в ИК-диапазоне (24 мкм) сделан 6 сентября 2006 г. с помощью прибора IRS на обсерватории “Спитцер”. Фото NASA/JPL/STScI.

ник гамма- и рентгеновского излучений в нашей Галактике, с периодом пульсаций 0,033 с.

Другой интересный объект, который наблюдала обсерватория “Спитцер”, – мощнейший радиоисточник Кассиопея-А (Cas-A), находящийся в одном из рукавов нашей Галактики на расстоянии 11 тыс. св. лет от нас. Это остывающая нейтронная звезда, оставшаяся от катаклизма – взрыва звезды с массой 15–25 $M_{\odot}$. Вспышка Сверхновой Cas A произошла 330 лет назад, однако она никем тогда

не наблюдалась. Разлетающееся в пространстве с громадной скоростью (около 65 тыс. км/с) раскаленное газовое облако с температурой 30 млн К занимает в поперечнике 15 св. лет. Каждый отдельный сгусток остатка имеет размеры в десятки раз больше, чем диаметр Солнечной системы. В остатке Сверхновой, кроме водорода и гелия, обнаружены кислород, сера, кремний, железо, титан и другие тяжелые элементы.

В 2015 г. “Спитцер” получил впечатляющее



Эмиссионная туманность NGC 2174 "Голова обезьяны" в Орионе, расположенная на расстоянии в 6400 св. лет от Солнца. В ней формируются новые звезды. Представленное излучение различных атомов газопылевого облака окрашено в искусственные цвета: зеленый – соответствует излучению водорода (8,0 мкм), красный – линии серы (24 мкм), голубой – линии кислорода (3,5 мкм). Снимок получен 19 августа 2015 г. Фото NASA/JPL/STScI.

изображение эмиссионной туманности NGC 2174 "Голова обезьяны" в созвездии Ориона (6400 св. лет от нас). Сияющее в зелено-красных условиях огромное облако ионизированного газа (HII) – это регион интенсивного звездообразования. Плотные газопылевые облака в течение нескольких миллионов лет будут разброшены в пространстве звездным ветром и излучением новорожденных звезд. Туманность окружает рассеянное скопление молодых звезд.

Примером внегалактических объектов, которые

наблюдала обсерватория "Спитцер", могут служить сливающиеся спиральные галактики NGC 2207 и IC 2163, расположенные в 140 млн св. лет от Солнца в созвездии Большого Пса. Они гравитационно взаимодействуют уже в течение 40 млн лет, постепенно превращаясь в один постепенно сливающийся объект. Кроме того, на примере взаимодействующих галактик ученые могут проследить процессы слияния галактик: в них скрываются много ультраярких рентгеновских источников (ULXs). Скорее всего, природа

сильного рентгеновского излучения таких источников кроется в особом типе двойных систем, где одним из компаньонов является сверхмассивная черная дыра. В этой паре галактик насчитывается 28 таких ULXs источников.

"Спитцер", помимо наблюдений галактических и внегалактических объектов, "заглядывал" и поближе – в Солнечную систему. В 2009 г. с его помощью было открыто необычное внешнее кольцо Сатурна – самое большое из известных колец в Солнечной системе (его вертикальная высота составляет около 40 R_C ; радиус Сатурна R равен 60 330 км). Если бы мы могли наблюдать это кольцо на нашем небе, то оно было бы равно диаметрам двух полных Лун на небе, – по одному с каждой стороны от Сатурна. Замечено, что частицы кольца расположены довольно далеко от основной системы колец – от 128 R_C до 207 R_C ; орбита кольца имеет наклон в 27° по отношению к плоскости основных колец планеты. В отличие от него наклон колец у Юпитера и Урана обычно расположен в пределах нескольких градусов – что обусловлено гравитационным воздействием планет-гигантов на их кольца и спутники. Из-за гравитационного ускорения произошла задержка формирования спутников планет на начальной



Взаимодействующие спиральные галактики NGC 2207 и IC 2163, находящиеся в 140 млн св. лет от Земли в созвездии Большого Пса. Изображение синтезировано из снимков, полученных с помощью Космического телескопа им. Хаббла (44 и 55 мкм, голубой и зеленый цвета) и обсерватории "Спитцер" (8 мкм, розовый и красный). Фото NASA/JPL.

стадии образования Солнечной системы.

Вещество кольца можно обнаружить, начиная с 6 млн км от Сатурна, оно простирается примерно еще на 12 млн км. Один из самых удаленных спутников Сатурна – Феба – движется в пределах этого нового кольца, и, вероятнее всего, поставляет материал для этого образования. Насколько можно понять (из сравнения с размерами Земли), необходимо "уложить" примерно миллиард объемов нашей планеты для того, чтобы заполнить объем этого кольца. До сих пор самым дальним и самым большим из колец Сатурна было кольцо Е, которое простирается на расстоянии 3–8 R_C ; материал оно получает от

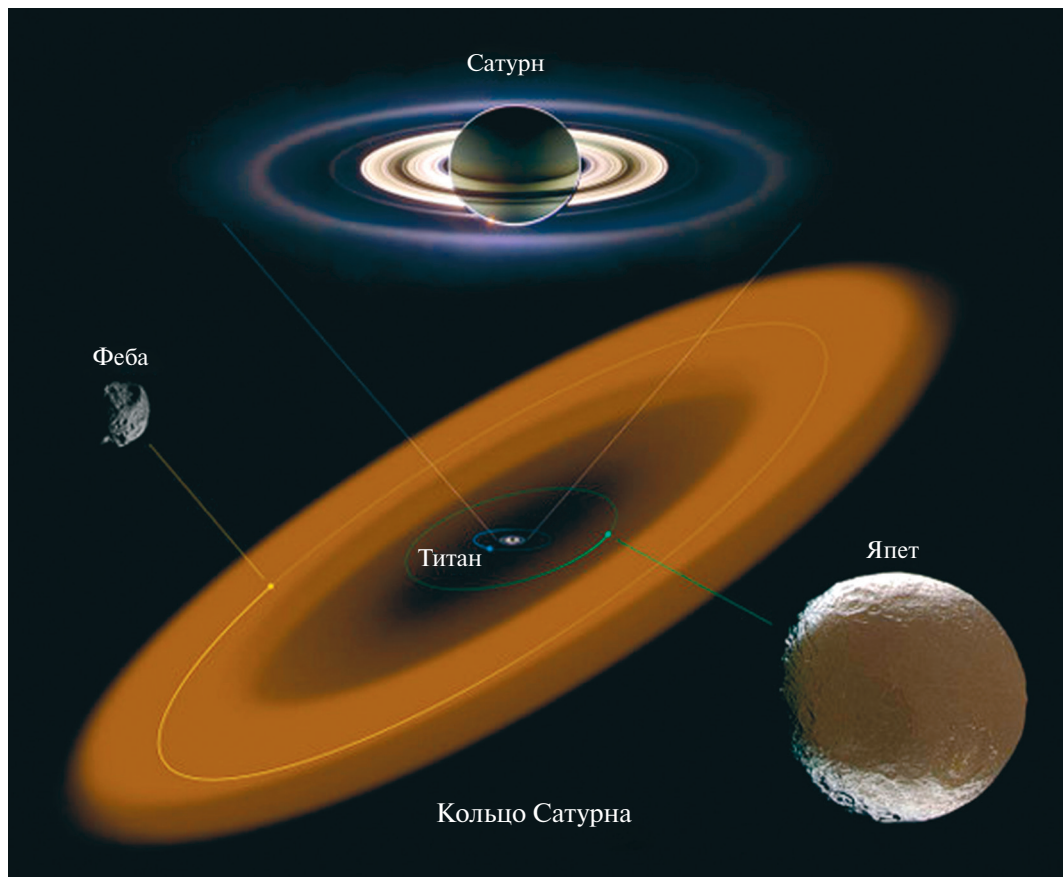
активных гейзеров Энцелада, бьющих из недр этого ледяного спутника на высоту до 100 км. Такое экстремально разреженное кольцо (в 1 м³ кольца находится всего 10–20 частиц вещества, его температура – 80 К), состоящее из частиц льда и пыли, практически невидимо, поэтому ранее и не удавалось его обнаружить обычными методами.

В Солнечной системе "Спитцер" наблюдал также кометы и астероиды, объекты пояса Койпера.

ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ
ИНФРАКРАСНОЙ
АСТРОНОМИИ

Следующими космическими обсерваториями NASA и ESA стали "WISE" и "Гершель", запу-

щенные на орбиту 14 декабря 2009 г. и 14 мая 2009 г. соответственно. Первая из них работала на полярной солнечно-синхронной орбите высотой 500 км (аналогичной орбите первого ИК-спутника "IRAS") и имела на борту скромный 40-см телескоп Ричи-Кретьена. Телескоп получал изображения в широком поле зрения в диапазоне от 3 до 22 мкм. За полгода работы он построил карту всего неба в этих длинах волн. Жидкий гелий из его криостата испарился через 10 месяцев после запуска в декабре 2010 г. Обсерватория "Гершель" стартовала 14 мая 2009 г., в ее криостате содержалось 2 тыс. л жидкого гелия,



Система Сатурна в инфракрасном диапазоне. Основная часть открытого нового кольца расположена в 6 млн км от планеты и простирается примерно на 12 млн км. Диаметр кольца эквивалентен примерно 300 радиусам Сатурна (вверху). Сатурн с основной системой колец выглядит как маленькая точка в центре системы (внизу). Показаны орбиты и снимки спутников Фебы и Япета. Рисунок А. Вербискер.

масса станции составляла 3300 кг. Главное зеркало телескопа диаметром 3,5 м было изготовлено по схеме Ричи-Кретьена из карбида кремния. Обсерватория является четвертым приоритетным аппаратом ESA (после АМС “Розетта”, космических обсерваторий “Планк” и “Гайя”).

Обсерватория “Планк” была предназначена для

исследований мелкомасштабных флуктуаций реликтового космологического излучения на пространственных масштабах меньше $10'$. В настоящее время уже опубликованы первые результаты обработки полученных с его помощью данных и их интерпретация. Главными результатами “Планка” являются космологические параметры

ранней Вселенной, в том числе постоянная Планка, возраст Вселенной, доля видимого вещества, а также доля темной материи и темной энергии.

Зеркало телескопа “Гершель” (при диаметре 3,5 м) из карбида кремния имело фокусное расстояние 28,5 м и светосилу 1:8,7. Для максимальной экономии жидкого гелия обсерватория была выве-



Зеркало телескопа диаметром 3,5 м изготовлено французской фирмой EADS-Astrum (Тулуза), оно установлено на космической обсерватории “Гершель” во время сборки в Нидерландах. 2007 г. Фото ESA.

дена в точку Лагранжа L2. Научная аппаратура состояла из двух камер для получения изображений и спектров астрономических объектов и супергетеродинного радиоприемника для исследований в дальнем ИК- и субмиллиметровом диапазонах.

Следует упомянуть еще и о японской космической инфракрасной обсерватории “Акари”, регистрировавшей источники в диапазоне 9–180 мкм (Земля и Вселенная, 2008, № 2, с. 30–31). Она успешно функционировала на орбите свыше полутора лет и за это время смогла наблюдать более

5 тыс. источников. Для экономного сохранения жидкого гелия в его криостате хранилось 16 кг твердого замороженного водорода.

Итак, несмотря на большие трудности и высокую стоимость всех инфракрасных и субмиллиметровых обсерваторий они строились и, по видимому, будут и дальше развиваться в сторону увеличения диаметра главного зеркала и уменьшения шумов детекторов, а также увеличения их чувствительности.

Один из перспективных проектов космических ИК-обсерваторий –

российский “Субмиллиметр”. На нем будет установлено зеркало диаметром 10 м из карбида кремния и несколько детекторов для регистрации излучения и получения спектров в диапазоне от 30 мкм и до 2–3 мм. “Субмиллиметр” предполагается вывести в точку Лагранжа L2 (удаление от Земли на 1,5 млн км). В разработке этой обсерватории принимает участие Европейское космическое агентство. Проект включен в 10-летнюю программу (до 2025 г.) космических исследований России.

Другой европейский проект, “EChO” (The Exoplanet Characterisation Observatory – обсерватория для определения характеристик экзопланет), направлен на исследование атмосфер экзопланет с целью выявления их пригодности для жизни. Телескоп обеспечит высокое разреше-

ние при спектроскопии в диапазонах от оптического до инфракрасного. Измерения газовых составляющих атмосфер позволят зафиксировать в них молекулы воды, оксида и диоксида углерода, метана и аммиака: можно будет установить многие важные атмосферные параметры

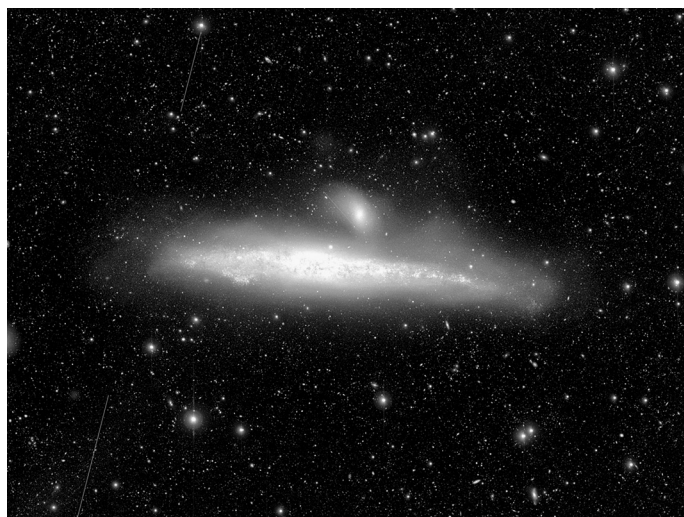
экзопланет (в том числе химический состав, тепловой режим и, возможно, временные и пространственные вариации атмосферной структуры). Обсерваторию предполагается запустить в 2022 г. на орбиту вокруг точки Лагранжа L2 в 1,5 млн км от Земли в направлении от Солнца.

Информация

Тайны галактического гало

Используя 8,2-м телескоп “Субару” японской Национальной астрономической обсерватории (Гавайи), астрофизики во главе с М. Танака (Университет Тохоку, Япония) идентифицировали 11 карликовых и две содержащих гало галактик во внешних областях крупной спиральной галактики NGC 4631 “Кит” в созвездии Гончих Псов. Это позволило глубже понять формирование этих “приливных хвостов” галактик.

Обнаружены два гало, обращающихся вокруг галактики: одно, получившее название Stream SE, расположено перед галактикой, второе – Stream NW – находится за галактикой NGC 4631 (если смотреть на нее с Земли).



Галактика NGC 4631 “Кит”, расположенная в 25 млн св. лет от нас в созвездии Гончих Псов. Снимок получен в 2017 г. с помощью 8,2-м телескопа “Субару” в японской Национальной астрономической обсерватории (Гавайи).

Основываясь на расчетах содержания металлов в веществе звезд этих гало, ученые пришли к заключению, что они образовались в результате гравитационного взаимодействия между галактикой “Кит” и одной из карликовых галактик, обращающихся

вокруг нее. Вероятно, это связано с тем, что в составе этого приливного потока находится карликовая галактика, гравитационно взаимодействующая с NGC 4631.

*Журнал “Astrophysical Journal”,
2017. V. 842. № 2.*

Исследования Земли с борта российского сегмента МКС

В.А. СОЛОВЬЁВ,
член-корреспондент РАН
первый заместитель генерального конструктора
РКК “Энергия” им. С.П. Королёва

И.В. СОРОКИН,
доктор технических наук
заместитель руководителя научно-технического центра
РКК “Энергия” им. С.П. Королёва

В.В. САЗОНОВ,
кандидат физико-математических наук
и.о. декана Факультета космических исследований
МГУ им. М.В. Ломоносова



В статье дается краткая характеристика методов и средств автоматизированных и визуально-инструментальных наблюдений Земли

из космоса, проводившихся экипажами российского сегмента Международной космической станции (РСМКС; Земля и Вселенная,

1999, № 2; 2008, № 5; 2014, № 2) за 16 лет ее эксплуатации в пилотируемом режиме. Приводятся данные об используемом для наблю-

дений комплексе научной аппаратуры, применяемых методах исследований, об их основных результатах. Рассматриваются проблемы, возникающие при проведении экспе-

риментов, а также сделан акцент на обработке и доведении до конечного потребителя поступающей с борта МКС целевой информации. Подчеркивается важность подготовки

квалифицированных кадров для успешной реализации проектов в области дистанционного зондирования Земли с борта пилотируемых космических комплексов.

КОСМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ НАБЛЮДЕНИЯ ЗЕМЛИ

Одним из важнейших направлений применения космической техники для решения социально-экономических и научных задач России является создание и совершенствование космических средств и технологий наблюдения Земли. По результатам таких наблюдений, детектируются, отождествляются и классифицируются физические объекты на поверхности нашей планеты и в ее атмосфере; фиксируется состояние этих объектов и осуществляется мониторинг процессов, связанных с исследованием природных ресурсов, с природоохранной деятельностью, прогнозированием погоды, а также неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений. Спутниковые наблюдения необходимы для того, чтобы оценить масштабы чрезвычайных ситуаций и принять адекватные меры по минимизации ущерба, причиняемого при их возник-

новении; для контроля эффективности производственных процессов, связанных с природопользованием; для изучения эволюции Земли и изменения параметров окружающей среды и климата.

Исследования Земли из космоса с борта РС МКС осуществляются по следующим основным направлениям:

- комплексные исследования атмосферы и подстилающей поверхности;

- экологические исследования;

- изучение и диагностирование природных и техногенных катастроф;

- развитие новых методов и методик дистанционного зондирования;

- летная экспериментальная отработка новых приборов и методов дистанционного зондирования Земли, калибровка измерительной аппаратуры, валидация результатов обработки экспериментальных данных;

- развитие новых технологий обработки и хранения информации, обмена данными.

Научная программа исследований Земли с борта РС МКС является одним из разделов “Долгосрочной программы экспериментов и исследований на российском сегменте МКС” и составляет весомую ее часть (более 20% от общего объема текущих исследований на сегменте в 2017 г.). Она носит исследовательский характер и направлена на развитие средств и методов наблюдения Земли из космоса, на обработку и интерпретацию космических данных, на развитие инфраструктуры для долговременного хранения и распределения данных, а также их обмена.

Важная часть программы изучения Земли – геофизические исследования и получение комплексных данных о параметрах окружающей космического пространства (включая мониторинг космической погоды), влияющей на функционирование технических систем наземного и космического базирования, на радиационную обстановку. Про-

Структура “Долгосрочной программы научных исследований и экспериментов на РС МКС” по состоянию на ноябрь 2017 г.



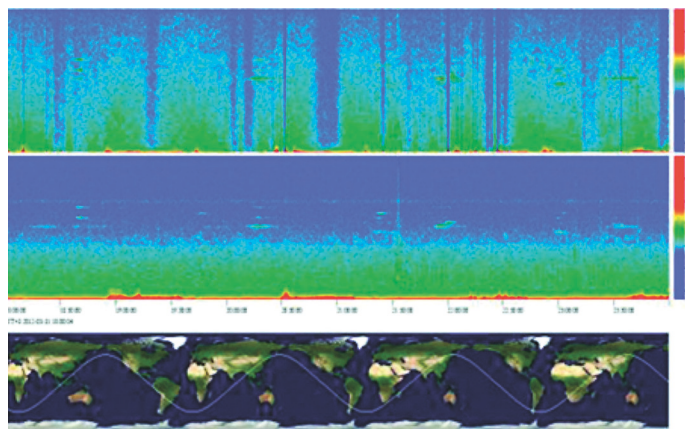
водятся исследования в области физики Солнца и наблюдения солнечной активности — основной причины формирования и изменения космической погоды (Земля и Вселенная, 2004, № 5).

Российский сегмент МКС — эффективная космическая платформа для исследований распределения температуры и плотности атмосферного воздуха, восстановления вертикальных профилей распределения в атмосфере Земли примесей, приземной двуокиси азота и других малых газовых составляющих (в том числе тонкой слоистой структуры озона и аэрозоля). Кроме того, на РС МКС проводятся исследования по прогнозированию и диагностике природных и техногенных катастрофических явлений: их изучение осуществляется в соот-

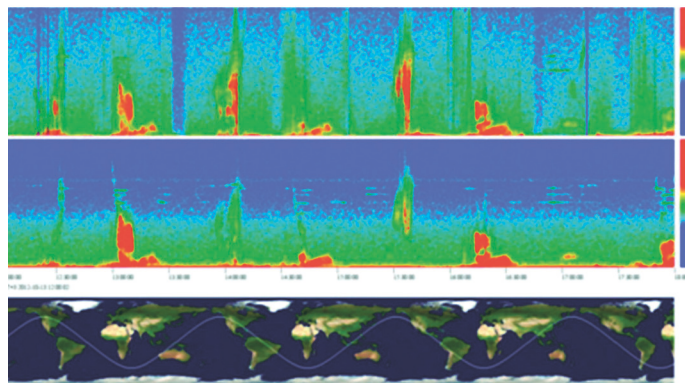
ветствии с отдельными межведомственными целевыми программами.

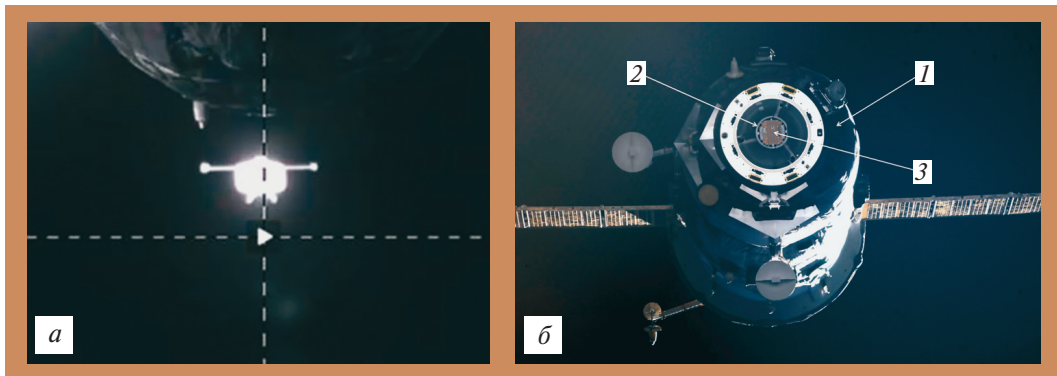
Технические возможности РС МКС позволяют проводить исследования

проявлений атмосферного электричества. Особый интерес в последнее время вызывает изучение “экстремальных” вспышечных событий: мощных



Пример результатов мониторинга электромагнитной активности в атмосфере Земли по широте и долготе с помощью научной аппаратуры микроспутника “Чибис-М”: вверху — спокойные геомагнитные условия, 3 октября 2012 г.; внизу — геомагнитная буря, 13 октября 2012 г. По данным ИКИ РАН.





Эксперимент “Микроспутник”, выполненный в 2011 г.: а – запуск микроспутника “Чибис-М” с борта транспортного грузового корабля “Прогресс М-13М” на орбите высокой около 500 км; б – транспортный грузовой корабль “Прогресс М-13М”, который применялся для доставки спутника на заданную орбиту: 1 – грузовой корабль, 2 – транспортно-пусковой контейнер микроспутника, 3 – микроспутник “Чибис-М”.

источников УКВ-излучения в земной атмосфере – компактных разрядов между облаками; красных спрайтов, возникающих в широком диапазоне высот в стратосфере и мезосфере, а также синих джетов. Специально для проведения исследований перечисленных явлений в ИКИ РАН был создан микроспутник “Чибис-М” (космический эксперимент “Микроспутник”, для исследования физических процессов, происходящих при атмосферных грозных разрядах). Выведение этого малого космического аппарата на орбиту было выполнено 25 января 2011 г. с использованием транспортной инфраструктуры РС МКС на борту грузового корабля “Прогресс М-13М” (Земля и Вселенная, 2012, № 3, с. 72–73; 2013, № 3).

Установка на РС МКС радиоприемной аппаратуры навигационного диапазона позволяет использовать сигналы спутниковых систем “Глонасс”/GPS и наземных передатчиков для обработки комбинированного метода радиозондирования ионосферы, а также выполнять исследования, связанные с повышением точности позиционирования наземных приемников системы “Глонасс” (Земля и Вселенная, 2006, № 1). В то же время, использование на околоземной орбите радиопередающих систем для зондирования и “просвечивания” ионосферы в КВ-диапазоне позволяет расширить возможности наземной аппаратуры по проведению ее мониторинга, в

том числе с использованием методов радиотомографии. Это дает возможность решать задачи проверки и модернизации современных моделей ионосферы Земли, имеющих большое прикладное значение. Перечисленное – лишь часть задач дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ; Земля и Вселенная, 2008, №№ 2, 5; 2011, № 5), решаемых на РС МКС с помощью космических средств; их полный перечень весьма широк; по этой причине мы не будем детально характеризовать их в небольшой статье.

Наблюдения за состоянием суши, океана и атмосферы нашей планеты, контроль геофизических параметров природной среды, изучение их пространственно-временной динамики – основные на-

блюдения за состоянием суши, океана и атмосферы нашей планеты, контроль геофизических параметров природной среды, изучение их пространственно-временной динамики – основные на-

блюдения за состоянием суши, океана и атмосферы нашей планеты, контроль геофизических параметров природной среды, изучение их пространственно-временной динамики – основные на-



Визуально-инструментальные наблюдения, проводимые космонавтами с борта РС МКС с помощью комплекса цифровой фото- и видеоаппаратуры.



Аппаратура фотоспектрометрической системы на борту РС МКС.



Использование аппаратуры фотоспектрометрической системы космонавтом О.И. Скрипочкой при проведении съемки земной поверхности. 2011 г.

правления науки о Земле. В этом плане методы изучения окружающей среды из космоса считаются важнейшими для получения информации различного пространственно-временного масштаба о состоянии суши, Мирового океана и атмосферы. Космические исследования расширяют и углубляют знания о Земле, об окружающем мире, закладывают основы для решения фундаментальных научных и прикладных проблем.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАУЧНАЯ АППАРАТУРА

Метод изучения земной поверхности, основанный на дистанционной регистрации ее электромагнитного излучения в различных диапазонах спектра, позволяет идентифицировать исследуемые физические объекты и процессы, определять их положение в

пространстве, изучать свойства объектов. Важным преимуществом космических средств наблюдения (в сравнении с иными) является глобальность охвата земной поверхности наблюдениями и оперативность поступления информации на центральные, региональные и локальные станции ее приема и обработки. Мониторинг позволяет получать данные о природно-экологическом состоянии исследуемого региона в режиме съемки и передачи информации в реальном времени, что очень важно при решении задач, связанных, например, с оперативным контролем экологической обстановки.

На РС МКС наблюдения Земли осуществляются разными способами:

— с участием космонавтов (в этом случае они носят название визуаль-но-инструментальных на-

блюдений; проводятся экипажем через иллюминаторы модулей);

— с использованием бортовой аппаратуры ДЗЗ, работающей в автоматическом режиме по командам из Центра управления полетом РС МКС, и расположенной, как правило, на внешней поверхности станции.

Экипаж преимущественно в своей работе, при выполнении визуаль-но-инструментальных наблюдений, пользуется наиболее современными цифровыми фото- и видеокамерами фирм "NIKON" и "SONY". Использование длиннофокусных объективов позволяет получать цифровые цветные снимки земной поверхности с пространственным разрешением порядка 3 м, а с помощью бортовой электронной системы планирования экспериментов "Сигма", оперирующей данными о параметрах

движения МКС на орбите, космонавты рассчитывают точные координаты и время проведения съемки.

Научная информативность визуально-инструментальных наблюдений существенно возросла с введением в 2010 г. в состав комплекса бортовой научной аппаратуры фотоспектрометрической системы (ФСС) и с 2014 г. — видеоспектрометрической системы (ВСС). В дополнение к цифровым снимкам земной поверхности ФСС и ВСС позволяют получать спектральные характеристики выделенных на ней участков; эти данные используются для проведения исследований в рамках эксперимента “Ураган”.

Для выполнения съемок Земли в автоматическом режиме аппаратура ДЗЗ устанавливается на внешней поверхности модулей РС МКС на универсальных рабочих местах (УРМ), что обеспечивает ее сменяемость при завершении эксперимента или прекращении функционирования. Средства УРМ обеспечивают интеграцию аппаратуры на борту. Они использовались при проведении мно-



гих экспериментов ДЗЗ в автоматическом режиме. В настоящее время УРМ обеспечивает работу научной аппаратуры для выполнения космического эксперимента “Напор-мини РСА”. Этот аппаратный комплекс, изготовленный в сотрудничестве с канадскими партнерами, представляет собой систему цифровых камер высокого (до 1,3 м в панхроматическом режиме) и среднего (до 6,1 м в мультиспектральном режиме) пространственного разрешения.

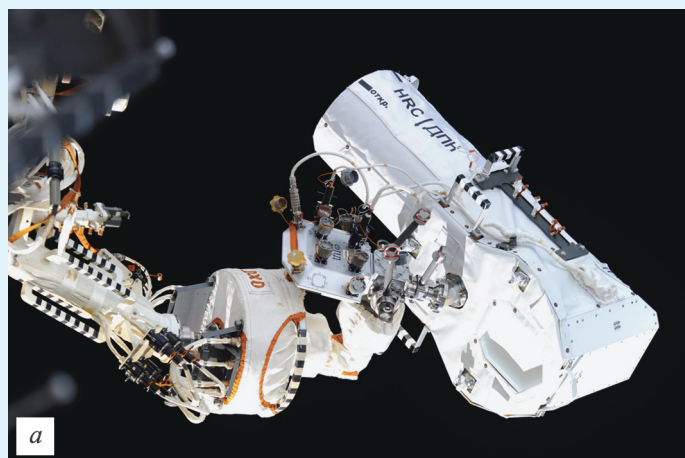
Итак, основное назначение находящегося на борту РС МКС комплекса научной аппаратуры ДЗЗ, следующее:

– экспериментальная отработка новых методов и средств дистанционного зондирования Земли для последующей их реализации в составе специализированных автоматических космических аппаратов;

– решение научных и мониторинговых задач ДЗЗ в интересах отечественных и зарубежных заказчиков в широтном диапазоне $\pm 54^\circ$.



Космонавт А.Н. Шкаплеров выполняет съемку Земли с помощью видеоспектрометрической аппаратуры. 2015 г.



Камеры высокого (а) и среднего разрешения (б) для проведения эксперимента "Напор-мини РСА", установлены на внешней поверхности служебного модуля "Звезда" РС МКС.

всплесков частиц могут иметь сейсмическую природу (эксперимент "Всплеск"). Получены новые знания о природе атмосферных грозных разрядов, важные для разработки кинетической теории пробоя на убегающих электронах и для понимания других сложных явлений атмосферного электричества (эксперименты "Микроспутник", "Молния-Гамма", "Молния-СМ", "Волны"); исследовано влияние условий космического полета на плазменную обстановку и выполнен цикл плазменно-волновых измерений вблизи поверхности РС МКС (эксперименты "Обстановка", "Плазма-МКС").

Изучены формы, структуры и морфометрические характеристики наблюдаемых из космоса цветоконтрастных образований, связанных с присутствием полей фитопланктона в рыбопромысловых районах Мирового океана с координатной привязкой результатов наклонного фотографирования так называемых безориентирных акваторий; построены сотни карт для анализа температуры поверхности океана – недельных, среднемесячных, карт аномалий и тенденций (эксперименты "Сейнер", "Диатомея"). Фотосъемка образований в поверхностном слое океана проводилась с помощью аппаратуры СКПФ-У, цифрового

ОСНОВНЫЕ ЗНАЧИМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

С помощью комплекса научной аппаратуры дистанционного зондирования Земли за 16 лет полета в пилотируемом режиме на РС МКС был получен ряд значимых научных и практических результатов, созданы базы данных в области изучения природных явлений и процессов. Вот неко-

торые из них, представляющие различные направления исследований Земли.

Проведена оценка прогностических возможностей всплесков высокоэнергичных заряженных частиц в околоземном космическом пространстве в качестве предвестника землетрясений: установлено, что около 15% зарегистрированных



Размещение научной аппаратуры эксперимента "Напор-мини РСА" на внешней поверхности служебного модуля "Звезда" РС МКС.

фотографического оборудования и аппаратуры "Сигма".

Главным результатом эксперимента стала отработка методики взаимодействия экипажей РС МКС с российскими рыбопромысловыми судами в процессе поиска и освоения биопродуктивных районов Мирового океана. Экипажем с борта МКС были обследованы районы, находящиеся в широтном поясе $\pm 54^\circ$ с целью контрольного поиска и определения теку-

щих координат биопродуктивных акваторий.

Изучены пространственные вариации содержания метана и двуокиси углерода в нижней тропосфере с высоким пространственным разрешением (3 км), что необходимо для моделирования процессов изменения климата на Земле (эксперимент "Русалка").

Отработаны методы и аппаратура для дистанционного зондирования Земли в перспективном дециметровом диапазоне электромагнитных

волн (панорамный СВЧ-радиометр РК-21-8); полученные научные данные используются при создании карты распределения радиоярких температур с использованием линейной поляризации принимаемого излучения для дистанционного определения влажности почв, биомассы растительности и солености воды (эксперимент "СВЧ-радиометрия").

Сформирована база данных фото- и видеоматериалов по космическому экологическому

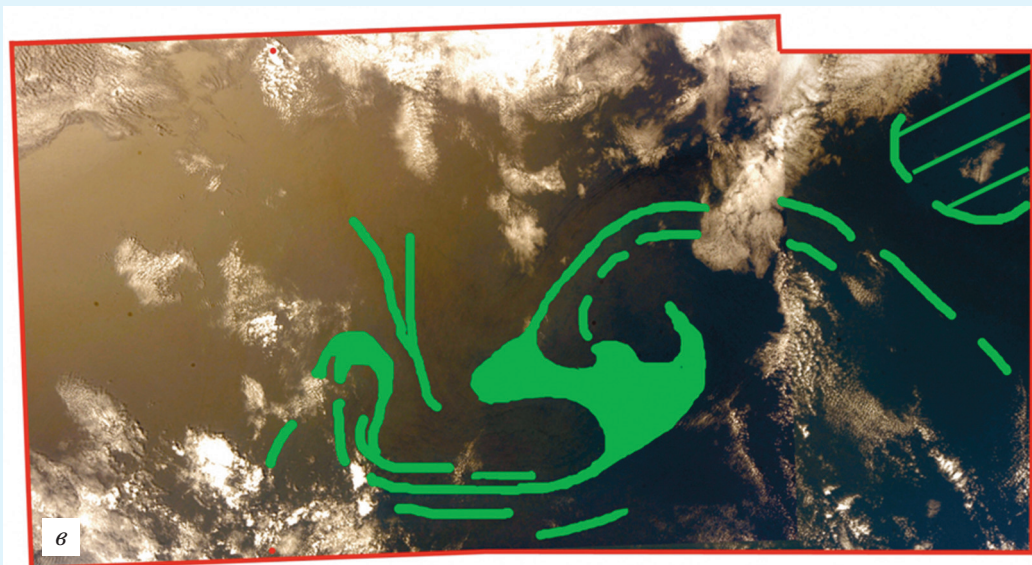


а

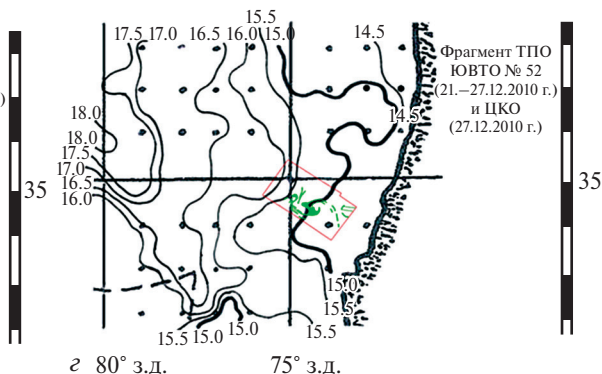
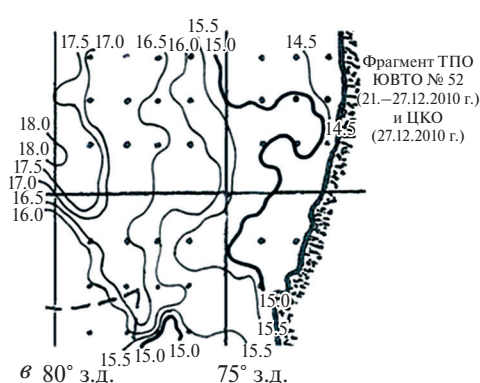
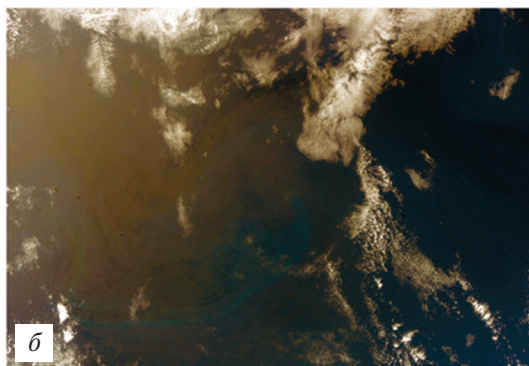
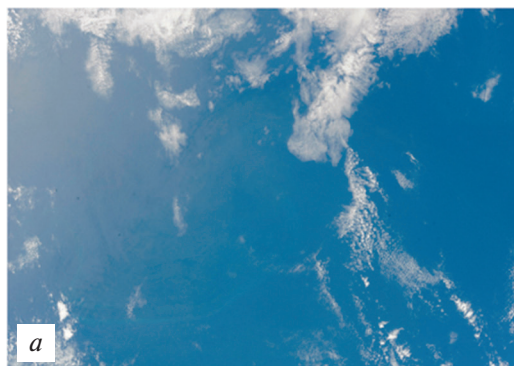
Эксперимент "Сейнер":
а – космонавт Р.Ю. Романенко выполняет сеанс исследований с использованием аппаратуры СКПФ-У в 2013 г. (экспедиция МКС-35); б – аппаратура "Сигма" на борту модуля "Звезда" в – результаты монтажа и дешифрирования; .



б



в



Пример построения карты-схемы распределения полей цветоконтрастных образований, связанных с формированием полей фитопланктона: а – один из снимков акватории Тихого океана, полученных в эксперименте “Сейнер”; б – контрастирование и дешифрирование фотоснимка; в – карта температуры поверхности океана; г – валидация данных – цветоконтрастных образований и температуры поверхности океана.

мониторингу, получена оперативная информация о различных объектах на территории России и зарубежных стран в процессе визуально-инструментальных наблюдений с борта РС МКС (эксперименты “Экон”, “Ураган”).

Подчеркнем, что это – лишь небольшая часть полученных результатов, основной объем которых представлен на веб-ресурсах Ракетно-космической корпорации “Энергия” им. С.П. Королёва и ЦНИИмаш.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ КОМПЛЕКСА ДЗЗ НА БОРТУ

При функционировании любых сложных технических систем, к которым относятся и комплекс средств ДЗЗ на РС МКС, и станция в целом, неизбежно возникают разноплановые проблемные вопросы, решение которых приводит, в конечном итоге, к совершенствованию системы и повышению ее эффективности. На сегодняшний день в направлении наблюдений

Земли с борта РС МКС к таким проблемам относятся следующие:

- недостаточная производительность информационной инфраструктуры РС МКС, которая направлена в основном на поддержание общестемных сервисов, необходимых для подготовки и проведения исследований;

- трудности в организации и проведении комплексных наблюдений Земли в различных диапазонах спектра с помо-



а



б

Эксперимент "СВЧ-радиометрия": а – размещение научной аппаратуры "РК-21-8" 16 февраля 2011 г. космонавтами О.И. Скрипочкой и Д.Ю. Кондратьевым на борту служебного модуля "Звезда" РС МКС во время выхода в открытый космос (ВКД № 28); б – аппаратура "РК-21-8".

– унифицированных бортовых приборов для высокоточной пространственно-временной привязки данных ДЗЗ при параллельном использовании вспомогательных наземных комплексов юстировки бортовой научной аппаратуры;

– широкополосных систем передачи и ретрансляции данных ДЗЗ с борта РС МКС;

– унифицированных систем калибровки и валидации данных бортовой научной аппаратуры в видимом, ИК- и СВЧ-диапазонах электромагнитного спектра (с использованием подспутниковых полигонов);

– автоматизированных систем оперативного планирования сеансов измерений различными средствами ДЗЗ, что позволит наилучшим образом распределить наблюдения во времени, снизить требуемые для проведения сеансов затраты бортовых ресурсов, повысить объем и качество научной информации;

– информационных систем для совместного анализа разновременных,

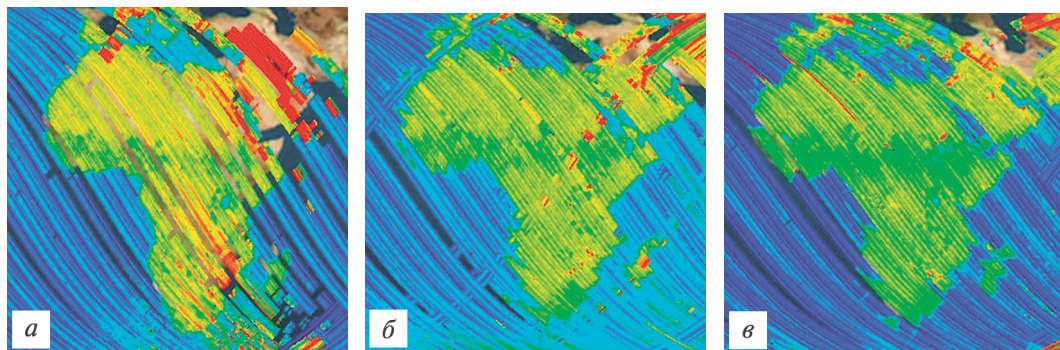
щью активных и пассивных средств зондирования, что обусловлено постоянной изменчивостью состава бортового оборудования; это крайне затрудняет проведение своевременной проектной увязки требуемого комплекса, все элементы которого могут использоваться одновременно;

– высокие трудозатраты при выполнении предварительной и тематиче-

ской обработки поступающей с борта информации ДЗЗ.

Как отмечено, многие из указанных проблем решаются в настоящее время (или могут быть решены в ближайшие годы) с развитием технологий пилотируемой космонавтики, информационных технологий.

В частности, обеспечивается разработка и целевое применение:



Карты распределения собственного излучения Земли (радиояркой температуры) на длине волны 21 см в условных цветах, полученные с помощью СВЧ-радиометра "РК-21-8" при маршрутной съемке с борта РС МКС: а – 21–29 июня 2011 г., б – 15–31 июля 2011 г., в – 1–13 августа 2011 г. В цветовой шкале синий и зеленый цвета соответствуют более низким радиоярким температурам подстилающей поверхности, а желтый и красный – более высоким. По данным Института радиотехники и электроники РАН.

разнородных данных ДЗЗ и сопутствующей информации, а также программных продуктов.

Итак, понимание проблем – ключ к их успешному решению. Необходимые для этого технические средства разрабатываются, доставляются и интегрируются на РС МКС в соответствии с программой полета сегмента.

подготовка кадров

Разумеется, решить проблемы может лишь компетентный специалист. Недостаток таких специалистов при очевидной комплексности и мультивекторности решаемых в космосе задач диктует необходимость подготовки будущих профессионалов. Эту стратегически важную задачу необходимо решать, начиная с обучения в общеобразо-

вательной школе, продолжая и закрепляя полученные знания и приобретенные навыки в профильных вузах. Приход молодого ученого и инженера в научные институты, на производство, в организации, занимающиеся разработкой космической техники и ее целевым использованием, не должен останавливать процесс обучения, а только интенсифицировать его, переводя эти знания и навыки в практическую плоскость.

Вот один из последних по времени и значимых шагов на этом пути.

В 2017 г. в МГУ им. М.В. Ломоносова был создан Факультет космических исследований. Основное направление деятельности факультета – подготовка квалифицированных кадров для проведения фундаментальных

и прикладных космических исследований и использования результатов космической деятельности. Тогда же был произведен набор студентов на три магистерские программы:

- методы и технологии дистанционного зондирования Земли;
- технологии смешанной реальности для аэрокосмических систем;
- государственное управление в космической отрасли.

За последние 10 лет произошел существенный рост возможностей группировок спутников (включая совершенствование средств на РС МКС), улучшились характеристики зондирующей аппаратуры и пропускная способность каналов связи. Сейчас на Землю ежедневно передается более 5 Тб данных спутникового мониторин-



Эксперимент “Ураган”: пример оперативной съемки с борта МКС Керченского пролива (а) и лесных пожаров в Восточной Сибири (б). По данным РКК “Энергия” и Института географии РАН.

га; обрабатывать эти данные в ручном и полуавтоматическом режимах уже практически невозможно. Более того, в связи с накоплением больших объемов архивных данных космической съемки необходимо (с использованием современных технологий обработки данных и машинного обучения) строить современные системы процессинга, которые позволят вывести автоматическую обработку и обработку информации с применением высокой степени автоматизации на качественно новый уровень эффективности. Для создания и использования подобных систем требуются специалисты, знающие, с одной стороны, принципы функционирования систем ДЗЗ и владеющие методами обработки спутниковых данных; с другой, — умеющие применять современные информационные технологии на практике и владеющие актуальным

инструментарием для разработки прикладного программного обеспечения. На подготовку таких специалистов и нацелена магистерская программа “Методы и технологии дистанционного зондирования Земли”, она реализуется совместно с Институтом космических исследований РАН.

Программа “Технологии смешанной реальности для аэрокосмических систем” ориентирована на подготовку специалистов по разработке тренажеров и моделирующих систем в процессе подготовки космонавтов и выполнению ими экспериментов и исследований. Для создания эффективных тренажеров этим специалистам, кроме навыков создания высококачественного стереовидеоряда, потребуются знания о работе вестибулярного аппарата человека в условиях перегрузок и невесомости. Программа реализуется

межфакультетской лабораторией математического обеспечения имитационных динамических систем, руководителем которой является ректор МГУ академик В.А. Садовничий.

Во время обучения на факультете студенты проходят практику на предприятиях и в организациях ракетно-космической отрасли: в РКК “Энергия” им. С.П. Королёва, в Центре подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина, в Научном центре оперативного мониторинга Земли, Научно-исследовательском центре “Планета”, в Институте космических исследований РАН.

Подготовка кадров в магистратуре позволяет за два года из выпускника бакалавриата, вооруженного хорошим базовым образованием, подготовить специалиста для решения актуальных прикладных и фундаментальных задач. В то же время, как по-

казывает практика, уровень знаний поступивших в магистратуру может существенно разниться по различным направлениям обучения. Для решения этой проблемы разработан программа подготовки специалистов “Космические исследования и космонавтика” в ходе 6-ти лет обучения. Проходя подготовку по этой программе, за первые три года студент получает фундаментальные знания по математике, физике и информатике, а начиная с четвертого курса, проходит специализацию по выбранной траектории обучения, во время которой предусмотрена производственная практика на предприятиях ракетно-космической отрасли. Первый набор слушателей для подготовки по этой программе планируется провести летом 2018 г.

Следует также отметить, что на факультете разработаны и внедряются предложения по применению в учебном процессе информационных ресурсов, полученных с использованием средств РС МКС; они сформулированы с учетом опыта кадровой работы и тематической деятельности организаций ракетно-космической промышленности, институтов РАН и профильных вузов. Постоянное совершенствование этой деятельности – ключ к успеху в подготовке высококвалифицированных кадров для

космонавтики и для выполнения на орбите передовых исследований в области наук о Земле и космосе.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА БОРТУ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

На нынешнем этапе научно-методического развития дисциплин, связанных с ДЗЗ, – более глубокого понимания его основных целей и задач – крайне важным представляется обеспечение надежности и долгосрочной стабильности измерений с помощью научных инструментов, установленных на космических аппаратах. Это не только обеспечивает возможность накопления длинных и непрерывных рядов данных ДЗЗ, но и значительно упрощает задачи, связанные с заменой и модернизацией бортового и наземного оборудования. Не менее важная задача – качественная и оперативная обработка больших объемов данных ДЗЗ, сопровождающаяся своевременной доставкой к конечному пользователю требуемого информационного продукта.

Построение длинных непрерывных рядов данных ДЗЗ, в свою очередь, является важным условием формирования репрезентативной статистики наблюдений за процессами больших пространственно-временных

масштабов (например, климатических изменений). С другой стороны, регулярность наблюдений (космический мониторинг) способствует существенному прогрессу в понимании динамики быстроразвивающихся процессов, в том числе стихийных бедствий и катастроф.

При реализации всей совокупности (или существенной части) указанных возможностей обеспечиваются условия для проведения долговременных исследований Земли из космоса с помощью комплексов научно-исследовательской аппаратуры видимого, ИК- и СВЧ-диапазонов. Эти возможности в истории пилотируемой космонавтики были реализованы лишь однажды – при выполнении в 1996–1999 гг. исследований на борту модуля “Природа” орбитальной станции “Мир”; в настоящее время они практически не используются по ряду причин организационного и экономического характера.

Возможно, единственным на сегодня ярким примером комплексного подхода к исследованиям в области ДЗЗ, проводимым на РС МКС, является организация работ по эксперименту “Ураган” и другим экспериментам, для поведения которых используются те же средства наблюдений. Вполне назрела необходимость подготовки и проведения экспериментов по наблю-

дению Земли из космоса на основе технологий, используемых при разработке элементов перспективной пилотируемой космической инфраструктуры. Эти технологии базируются на широком использовании модульности образцов разрабатываемой аппаратуры и оборудования, их унификации, применении автоматизированных средств планирования и выполнения экспериментов. Такой подход может быть реа-

лизован при формировании и последовательном исполнении программы ДЗЗ на РС МКС с учетом возможности ее продолжения на российских пилотируемых кораблях и станциях по завершении эксплуатации МКС, а также при интенсивной подготовке квалифицированных кадров, способных решить эту задачу. Это, в свою очередь, даст возможность реализовать в полном объеме и на новой технологиче-

ской основе столь важный для фундаментальной науки о Земле и ее практических приложений принцип комплексности исследования нашей планеты из космоса, что обеспечит эволюционный скачок в повышении эффективности целевого использования пилотируемых и автоматических космических систем.

*Фото РКК “Энергия”
им. С.П. Королёва*

Информация

Соглашение о постройке орбитального космодрома

Группа компаний S7 и Госкорпорация “Роскосмос” договорились вместе построить орбитальный космодром. Этот многофункциональный комплекс предполагается использовать для сборки и заправки космических аппаратов, отправки их на другие околоземные орбиты, а также для полетов к Луне и к Марсу. По мнению экспертов, такое государственно-частное партнерство способно изменить состояние

ракетно-космической отрасли в нашей стране. Соглашение о намерениях подписали глава “Роскосмоса” И.А. Комаров и гендиректор ООО “С7 Космические транспортные системы” (российская дочерняя структура S7 для управления космическими активами) С.А. Сопов.

Для транспортного обеспечения новой структуры планируется использовать плавучий космодром “Морской старт”. С его борта в ближайшие годы планируется запускать РН “Зенит-3SL”, а впоследствии – новые российские РН “Союз-5”. Предполагается также создать новый грузовой транспортный корабль, стартующий с космодрома “Морской старт”.

Двухстороннее соглашение планируется подписать после завершения сделки по покупке группой S7 проекта “Морской старт” – сейчас последняя находится на стадии межгосударственного согласования. Договор, заключенный “Роскосмосом” с РКК “Энергия”, предусматривает покупку комплекса “Морской старт” в Калифорнии (командного судна, пусковой платформы “Odyssey” и наземной инфраструктуры) и возобновление эксплуатации “Морского старта”. Планируется до 70 коммерческих пусков ракет-носителей в течение 15 лет.

*Пресс-релиз
Госкорпорации
“Роскосмос”,
24 ноября 2017 г.*

54–55-я основные экспедиции на МКС*

3 сентября 2017 г. спускаемый аппарат КК “Союз МС-04” с экипажем 51/52-й основной экспедиции (МКС-51/52; Земля и Вселенная, 2017, № 6, с. 69–71) в составе командира МКС-52 Ф.Н. Юрчихина (Россия), бортинженера МКС-52 Дж. Фишера (США), бортинженера и командира МКС-51 П. Уитсон (США) благополучно приземлился в 148 км юго-восточнее г. Жезказган (Казахстан). Экипаж полностью выполнил программу научно-прикладных исследований (531 сеанс по 62 экспериментам) в течение 135 сут 18 ч 08 мин. В ходе полета экипаж принял транспортный КК “Союз МС-05” и три грузовых корабля: “Прогресс МС-06” (Россия), “Дрэгон-11 и -12” (США). “Прогресс МС-06” доставил на станцию около 2,4 т грузов: наноспутники “Танюша-ЮГЗУ”, “Сфера-53” и ТНС-2; 620 кг топлива для заправки МКС, 47 кг воздуха в баллонах, 420 л воды в баках, 351 кг контейнеров с рационами питания, а также 15 кг свежих яблок, аджи-

ку, горчицу, хрен и сырокопченые колбаски.

13 сентября 2017 г. с космодрома Байконур стартовала РН “Союз-ФГ” с КК “Союз МС-06” На его борту находился экипаж МКС-53/54: командир корабля и командир МКС-54 А.А. Мисуркин (Россия), бортинженер-1 М. Ванде Хей (США) и бортинженер-2 Дж. Акаба (США). Через 5 ч 38 мин после старта по четырехвитковой схеме сближения корабль пристыковался к модулю “Поиск” (МИМ-2). Экипажу экспедиций МКС-53/54 предстоит проведение регламентных работ, прием пилотируемого корабля “Союз МС-07”, трех грузовых кораблей: “Прогресс МС-07 и -08” (РФ), “Сигнус-8” (США), выполнение 59 экспериментов по 6 направлениям. 29 ноября 2017 г. проведена плановая коррекция орбиты станции: высота – 402,8 × 422,7 км, с периодом обращения вокруг Земли – 92,6 мин и наклоном – 51,66°. По плану экипаж будет работать в течение 167 сут – до 27 февраля 2018 г. Дж. Акаба выполняет третий полет, А.А. Мисуркин – второй, М. Ванде Хей – новичок в космосе.

Александр Александрович Мисуркин (526-й астронавт мира, 116-й космонавт России) родился в 1977 г. в г. Ершичи Смоленской области. В 1994 г. поступил в Качинское высшее военное авиационное училище летчиков. После

окончания в 1999 г. с золотой медалью Армавирского военного авиационного института служил командиром авиационного звена учебного полка Северо-Кавказского военного округа (общий налет – 1060 ч), полковник ВВС в отставке. Летчик-инструктор 1-го класса, инструктор парашютно-десантной подготовки, офицер-водолаз. В 2006 г. зачислен в отряд космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина. В 2013 г. выполнил 167-суточный полет на КК “Союз ТМА-08М” в качестве бортинженера экипажа МКС-35/36. После полета работал начальником 1-й группы инструкторов-космонавтов ЦПК. Герой России, награжден тремя медалями, почетный гражданин г. Орла.

Джозеф Акаба (Joseph M. Acaba; 488-й астронавт мира, 311-й астронавт США) родился 17 мая 1967 г. в г. Ингелвуд (штат Калифорния). В 1990 г. окончил Университет штата Калифорния со степенью бакалавра в области геологии. Через два года получил степень магистра по той же специальности в Университете штата Аризона. Работал гидрогеологом в Лос-Анджелесе, затем управляющим Карибского морского исследовательского центра на Багамских Островах. Начиная с 1998 г. преподавал научные дисциплины в старших классах средней школы. В качестве волонтера “Корпуса мира” в течение двух

* Продолжение. Начало см.: 1999, № 2; 2000, №№ 5, 6; 2001, № 5; 2002, №№ 1, 2, 4; 2003, №№ 1, 5; 2004, №№ 2–5; 2005, №№ 1, 4; 2006, №№ 1, 2, 4; 2007, №№ 1, 3, 4; 2008, №№ 1–6; 2009, №№ 1, 2, 4, 6; 2010, №№ 1–5; 2011, №№ 1, 2, 4–6; 2012, №№ 2, 5; 2013, № 2; 2014, № 2; 2015, №№ 1, 2, 6; 2016, №№ 2, 4, 6; 2017, № 2.

лет работал в Доминиканской Республике специалистом по экологическому просвещению в начальной школе. В 2004 г. зачислен в отряд астронавтов США. Работал в группе подготовки к старту и посадке КК “Спейс Шаттл” в Космическом центре им. Дж. Кеннеди. В 2009 и 2012 гг. выполнил два полета на КК “Дискавери” (STS-119) в качестве специалиста полета и КК “Союз ТМА-04М” в качестве бортинженера экипажа МКС-31/32 общей продолжительностью 137 сут 19 ч.

Марк Ванде Хей (Mark T. Vande Hei; 548-й астронавт мира, 341-й астронавт США) родился 10 ноября 1966 г. в г. Фолс-Черч (штат Виргиния, США). В 1989 г. окончил Университет Святого Иоанна, получив степень бакалавра наук по физике. С 1989 г. служил на инженерных должностях парашютно-десантного батальона на американской военной базе в Италии. В 1991 г. в должности командира взвода участвовал в операции сил НАТО в Ираке, затем командира роты в саперном батальоне. В 1999 г. окончил Стэнфордский университет, получил степень магистра наук по прикладной физике и был направлен на преподавательскую работу на кафедру физики Военной академии США в Вест-Пойнте. С 2003 г. служил в 1-м космическом батальоне на авиабазе ВВС США Питерсон, с 2006 г. – выполнял обязанности оператора связи с МКС в Космическом центре им. Л. Джонсона. В

2009 г. зачислен в отряд астронавтов США.

17 декабря 2017 г. с космодрома Байконур стартовала РН “Союз-ФГ” с КК “Союз МС-07”. Это 134-й пилотируемый полет корабля серии “Союз”. На его борту находился экипаж 54/55-й основной экспедиции на МКС: командир корабля, бортинженер и командир МКС-55 А.Н. Шкаплеров (Россия), бортинженер-1 С. Тингл (США) и бортинженер-2 Н. Канаи (Япония). Через 6 ч 20 мин после старта произведена стыковка в автоматическом режиме с модулем “Рассвет” (МИМ-1). Российской научной программой запланировано провести 61 эксперимент по 6 направлениям. По плану работа экипажа МКС-54/55 продлится 125 сут – до 28 февраля 2018 г. А.Н. Шкаплеров выполняет третий полет, С. Тингл и Н. Канаи – первый.

Антон Николаевич Шкаплеров (521-й астронавт мира, 111-й космонавт России) родился в 1972 г. в Севастополе; военный летчик 2-го класса, имеет квалификацию “офицер-водолаз”, полковник ВВС в запасе. В 1989–1992 гг. учился в Черниговском высшем военном авиационном училище летчиков, переведен в Качинское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.Ф. Мясникова, которое окончил с отличием в 1994 г. Служил в частях ВВС, в 1998–2003 гг. – старший летчик-инструктор пилотажной группы “Небесные гусары”. В 1997 г. окончил Военно-воздуш-

ную инженерную академию им. Н.Е. Жуковского, в 2006–2009 гг. учился в Российской академии государственной службы при Президенте РФ. В 2003 г. зачислен в отряд космонавтов ЦПК. В 2011–2012 и 2014–2015 гг. выполнил два полета на КК “Союз ТМА-22” в качестве бортинженера экипажа МКС-29/30 и КК “Союз ТМА-15М” в качестве командира корабля и члена экипажа МКС-42/43 общей продолжительностью 365 сут. Герой России, награжден орденом “За заслуги перед Отечеством” IV степени, пятью медалями, почетный гражданин г. Севастополя.

Скотт Тингл (Scott D. Tingle; 549-й астронавт мира, 342-й астронавт США) родился 19 июля 1965 г. в Этлборо (штат Массачусетс), в г. Рэндолф прошло его детство. В 1987 г. окончил с отличием Юго-Восточный Массачусетский университет, получил степень бакалавра наук в области машиностроения. В 1988 г. в Университете Пердью (штат Индиана) получил степень магистра наук в области машиностроения по специальности “гидромеханика и реактивные двигатели”. С 1991 г. служил летчиком-испытателем ВМС США (налет более 4 тыс. ч на 48 типах самолетов), участвовал в боевых действиях в Ираке и Афганистане, выполнил 54 боевых вылета; в 1998 г. прошел подготовку в школе летчиков-испытателей ВМС США, капитан ВМС США. В 2009 г. зачислен в отряд астронавтов США. Награжден 14 военными медалями.

Норисигэ Канаи (550-й астронавт мира, 12-й астронавт Японии) родился в декабре 1976 г. в Токио. В марте 2002 г. окончил Медицинский институт министерства обороны (National Defense Medical College), получил степень доктора медицины. Служил в госпитале Медицинского института министерства обороны, затем в госпитале Сил самообороны Японии. С июня 2009 г. до своего отбора в качестве кандидата в астронавты служил на кафедре медицинской службы военного училища Морских сил самообороны Японии, получил квалификацию специалиста по подводной медицине. В 2015 г. в качестве члена экипажа участвовал в экспедиции NEEMO-20 – миссии NASA по отработке действий

в экстремальной окружающей среде на подводной научной станции “Аквариус”. В 2009 г. зачислен в астронавты Японского космического агентства JAXA, приступил к общей космической подготовке в космическом центре Японии, которую закончил в Космическом центре им. Л. Джонсона вместе с астронавтами NASA.

В сентябре–декабре 2017 г. на борту МКС работали 53/54-я основные экспедиции: С.Н. Рязанский, А.А. Мисуркин (Россия), П. Неспולי (ESA, Италия), Р. Брезник, Дж. Акаба и М. Ванде Хей (США). 14 декабря 2017 г. совершена посадка КК “Союз МС-05” с экипажем МКС-52/53 в составе командира корабля и бортинженера МКС-50/51 С.Н. Рязанского (Россия),

бортинженера-1 и командира МКС-53 Р. Брезника (США) и бортинженера-2 П. Неспולי (ESA, Италия). В декабре 2017 г. – марте 2018 г. на борту МКС работали 54/55-я основные экспедиции: А.А. Мисуркин, А.Н. Шкаплеров (Россия), Дж. Акаба, М. Ванде Хей, С. Тингл (США) и Н. Канаи (Япония; см. стр. 3 обложки, внизу). На 21 марта 2018 г. запланирован запуск КК “Союз МС-08” с экипажем МКС-55/56 в составе командира корабля О.Г. Артемьева (Россия), бортинженера-1 и командира МКС-56 Э. Фьюстела (США) и бортинженера-2 Р. Арнольда (США).

*По материалам
Госкорпорации
“Роскосмос”,
ЦУП-М и NASA*

Информация

Яркий болид

На снимке, сделанном 14 ноября 2017 г. астрономом-любителем Олли Тейлором (Англия), запечатлен вид с перевала на заснеженные скалистые горы (см. 2-ю стр. обложки, внизу). Закат окрасил небо в мягкие розоватые оттенки на этом

горном зимнем пейзаже. Внизу на снимке видна деревня Ла Вилла, входящая в территорию горнолыжного курорта Альта Бадия в итальянских Доломитовых Альпах. Высоко в небе над северным горизонтом над деревней сияет созвездие Большой Медведицы. Привлекает внимание яркий болид, случайно пролетевший с востока на запад под известным астеризмом Большой Ковш в созвездии Большой Медведицы. Этот болид увидели жители Европы; об этом событии

в Американское метеорное общество и Международную метеорную организацию поступило большое количество сообщений. Траектория полета метеора согласуется с предположением, что он принадлежал к активному в этот период (ноябрь) метеорному потоку Тауриды, связанному с кометой Энке.

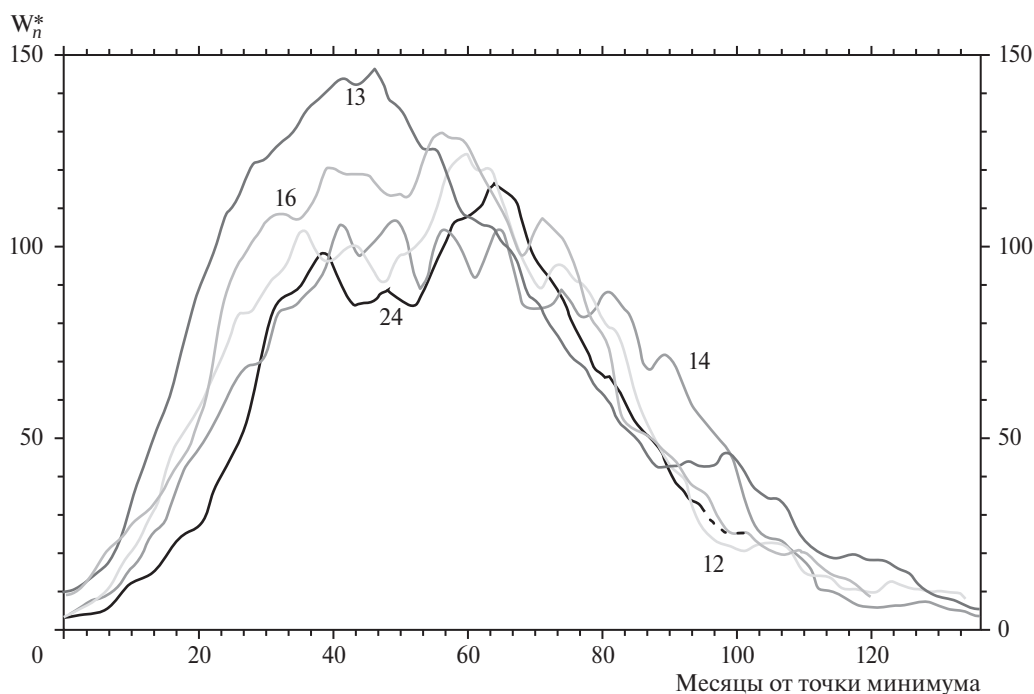
*По материалам
интернет-сайта
“Астронет”,
16 ноября 2017 г.*

Солнце в октябре–ноябре 2017 г.

Пятнообразовательная активность в последние месяцы осени 2017 г. была на низком и очень низком уровне (1 октября – на среднем); в этот период Солнце оставалось “беспятенным” 30 сут. Число групп пятен на видимом диске Солнца в эти

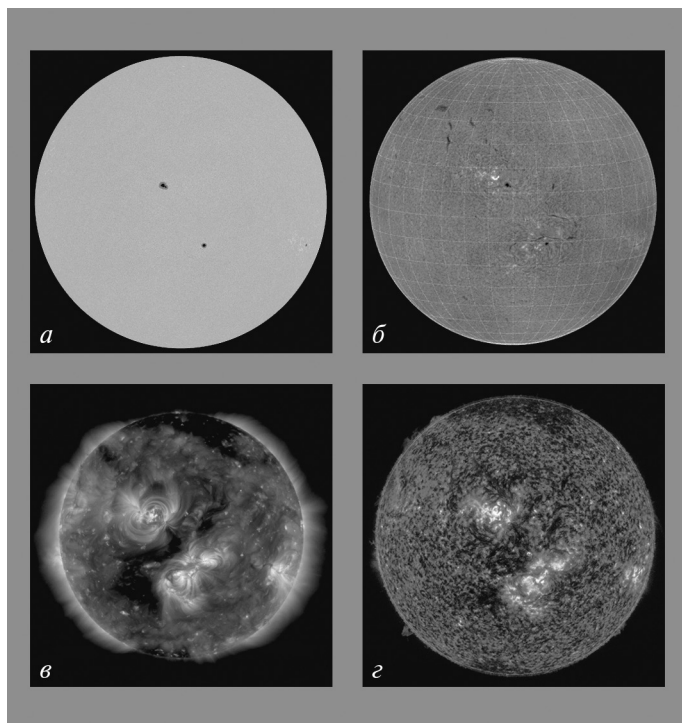
месяцы менялось от 3 до 0. Из 6-ти небольших групп солнечных пятен 4 появились в Северном полушарии. Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа пятен продолжает уверенно снижаться, в пределах изменений

12-го и 16-го солнечных циклов, поэтому прохождение точки минимума текущего цикла можно ожидать во второй половине 2020 г. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа составили $W_{\text{окт.}} = 7,9$ и $W_{\text{ноя.}} = 3,4$. Автор, как и Служба со-



Ход развития (100 месяцев) текущего, 24-го, цикла солнечной активности среди достоверных (начиная с 1849 г.), низких и среднего (№ 13) солнечных циклов. W^* — сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен в новой системе (введена 1 июля 2015 г.). Высота текущего солнечного цикла в новой системе составляет $W_n^* = 116$ против $W^* = 82$ — в старой.

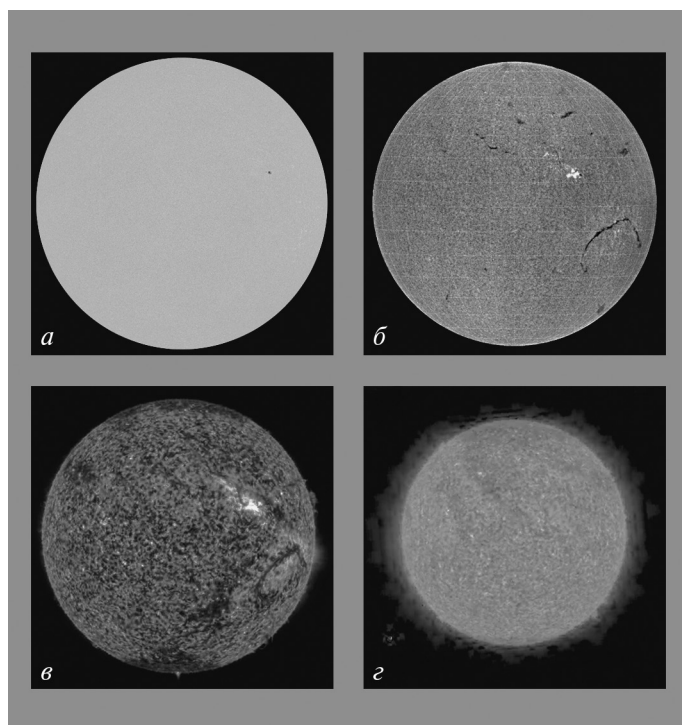
Солнце 1 октября 2017 г.: а – снимок фотосферы в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$, SDO); б – в самой сильной линии водорода H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в – в линии крайнего ультрафиолета $Fe XII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г – обратная сторона Солнца в линии крайнего ультрафиолета $He II$ ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космической солнечной обсерватории “SDO” и наземной обсерватории Big Bear (H_α ; <http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).



стояния околоземного пространства (www.swpc.noaa.gov), придерживается старой, классической системы. Сглаженное значение этих индексов в апреле и в мае 2017 г. составило $W^* = 14,9$ и $W^* = 14,0$ соответственно.

В первые 8 сут октября пятнообразовательная активность постепенно снижалась – от среднего до очень низкого уровня, с 9 по 20 октября видимый диск Солнца стал “беспятенным”. 21–22 октября на видимый диск Солнца в следующий оборот вышли активные области, которые доминировали в сентябрьском обороте;

Солнце 28 ноября 2017 г.: а – снимок фотосферы в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$, SDO); б – в самой сильной линии водорода H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в – в линии крайнего ультрафиолета $He II$ ($\lambda = 304 \text{ \AA}$); г – в линии крайнего ультрафиолета $Fe XII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космических солнечных обсерваторий “SDO”, “STEREO A” и наземной обсерватории Big Bear (H_α ; <http://www.solarmonitor.org/>).



во вспышечном отношении они совершенно спокойные. Максимальное ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен отмечено **1 октября ($W = 36$)**, минимальное – 9–13 и 15–20 октября ($W = 0$). Вспышечная активность была на среднем уровне 20 октября – когда в выходящей группе пятен Южного полушария вблизи восточного лимба Солнца произошла вспышка балла M1.1. Выбросы солнечных волокон (5 событий) наблюдались 12, 14, 17, 24 и 26 октября. Коронोगрафы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали более 46 корональных выбросов вещества. Наблюдалось прохождение одной новой и 6-ти рекуррентных (повторяющиеся через оборот Солнца) корональных дыр 43 семейства приполярных, причем две из них в этом месяце успели “отметиться” 2 раза: в начале и в конце месяца. По видимому диску Солнца также проходила новая корональная дыра. Высокоскоростные потоки от них стали источниками геомагнитных возмущений. На средних широтах

Земли возникли 3 малые магнитные бури: 11–15, 24–25 и 26 октября. Всего в октябре зарегистрировано 9 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах очень высокие потоки (более 10^7 частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ отмечены 1–6, 12–21, 24–31 октября.

В **ноябре**, после 13-дневного периода “беспятенного” Солнца, уровень пятнообразовательной активности Солнца стал расти за счет двух групп пятен, присутствовавших всего 5 сут; с 19 по 24 ноября Солнце опять стало “беспятенным”. С 24 по 30 ноября в Северном полушарии светила проходила одна небольшая спокойная группа пятен. В ноябре на видимом диске Солнца появились 3 группы пятен, одна из которых локализовалась в Южном полушарии. Максимальное относительное число солнечных пятен отмечено **17 ноября ($W = 17$)**, минимальное 1–13 и 19–24 ноября ($W = 0$). Вспышечная активность весь месяц оставалась на очень низком уровне. Выбросы сол-

нечных волокон (7 событий) произошли 2, 3, 6, 10, 15, 16 и 25 ноября. Коронोगрафы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 26 корональных выбросов вещества разной интенсивности. В сентябре наблюдались 4 рекуррентные и 2 вновь образовавшиеся корональные дыры. В геомагнитном поле отмечены одна умеренная (7–8 октября) и одна малая (20–21 октября) магнитные бури из-за прохождения Землей высокоскоростных потоков от корональных дыр и выбросов волокон. Всего за месяц было 5 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах – очень высокий поток (более 10^7 частиц/м²) релятивистских электронов, с энергиями больше 2 МэВ, наблюдался 8–15, 17–20 и 22–24 ноября.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

*В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН*

Лайман Спитцер

Один из великих ученых XX в. американский физик и астроном-теоретик Лайман Спитцер (1914–1997) внес существенный вклад в различные области астрофизики: звездную динамику, физику плазмы, межзвездную среду и звездную атмосферу. Ученый создал теорию формирования звезд из межзвездного материала, открыл существование коронального газа в нашей Галактике после исследования физических свойств газопылевых облаков. Л. Спитцер является одним из пионеров в исследовании управляемого термоядерного синтеза.

В 1946 г. он выдвинул идею размещения большого телескопа в космосе для исследования ультрафиолетового и инфракрасного излучений небесных объектов. Велика заслуга Л. Спитцера в развитии в США астрономических исследований с помощью космических аппаратов. Он был инициатором создания первых орбитальных астрономических обсерваторий, включая “ОАО-З” (“Коперник”; 1972–1981) и Космический телескоп им. Э. Хаббла¹.

Лайман Спитцер младший (Lyman Strong Spitzer, Jr.) родился 26 июня 1914 г. в Толидо (штат Огайо) в семье богатого фабриканта в области бумажной промышленности Лаймана Спитцера, сколотившего состояние на торговле облигациями. Отец – выходец из старинного рода, корни которого прослеживаются с XVII в. Его предок, Эрнестус де Спитцер, приехал в Северную Америку



Л. Спитцер. Принстон, 1950 г. Фото О. Тёрнера.

из Франции в 1747 г., а бабушка была в родстве с американским изобретателем и промышленником Илаем Уитни (Eli Whitney). В свое время отец закончил кол-

¹ Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г. / Астрономы. Биографический справочник. 2-е изд., Киев: Наукова думка, 1986. С. 294–295.



Л. Спитцер-альпинист. Национальный парк Ауюиттук (Канада), 1965 г.

ледж в Эндовере (штат Массачусетс) и Йельский университет (штат Коннектикут); был капитаном в органах управления войсками Армии США во время Первой мировой войны. Мать, Бланш Брумбек, получила высшее образование с художественным уклоном, закончив в 1906 г. престижный частный женский гуманитарный Вассар-колледж в г. Покипси (штат Нью-Йорк). После окончания колледжа они поженились. Отцу Лаймана нравилось путешествовать, в свои поездки он брал с собой и четверых де-

тей: кроме него, двух старших сестер и младшего брата.

В 1925–1926 гг., когда Лайман учился в седьмом классе школы, в течение шести месяцев семья жила в Париже, в 1928 г. – четыре месяца в Риме, затем они побывали в Швейцарии, Великобритании и Калифорнии. Ученый вспоминал: “...думая, что мой отец хотел быть журналистом, так как после таких поездок он искусно описывал путешествия в письмах друзьям”. Младший брат Лаймана Джон вспоминает о счастливом детстве, отмеченном играми в теннис, прогулками пешком и катанием на лыжах². Детские и юношеские годы будущего ученого прошли в теплой атмосфере: в семье велись интеллектуальные беседы, отец имел на него большое влияние и считал, что Лайман должен стать преподавателем; с течением времени эта идея стала для юноши привлекательной. Мать была обеспокоена тем, что сын не играл в футбол с мальчиками, а сидел дома и много читал; интерес к науке привили ему учителя математики и физики в средней школе Скотта в Толидо. Благодаря чтению книг Джеймса Джинса и Артура Эддингтона он заинтересовался астрономией. С 1929 г. Лайман учился в престижной школе Уоррен-Стрит, затем продолжил образование в элитной частной школе-пансионе “Академия Филиппса” в г. Эндовере, которую окончил в 1931 г. В тот же год по рекомендации отца подал документы для поступления в Йельский университет³.

В 1930-е гг. будущий ученый увлекся альпинизмом, вместе с другом юности Максом и его родителями они ходили в горы. В 1965 г. Л. Спитцер и Д. Мортон стали первыми альпинистами, преодолевшими сложный маршрут восхождения: они покорили самый вертикальный пик на Земле (уклон стены 105°) – гору Тор высотой 1675 м в Национальном

² Интервью с Л. Спитцером / De Vorkin D. Princeton University, 8 April 1977.

³ Who was Lyman Spitzer? / NASA Biography/Published by the California Institute of Technology and the Jet Propulsion Laboratory, 2010.

парке Аюйиттук (Канада) на острове Баффин. Американский альпинистский клуб ежегодно присваивает премию Л. Спитцера “Восхождение” нескольким горным экспедициям⁴.

С 1931 по 1935 г. Л. Спитцер учился в Йельском университете, занимался науками в Обществе Beta Kappa; он прослушал курс астрономии, познакомился с теориями эволюции звезд и был вдохновлен новыми достижениями в астрофизике после посещения семинара выдающегося астрофизика С. Чандрасекара (Земля и Вселенная, 2017, № 4). Лайман окончил университет со степенью бакалавра по физике; в течение года продолжил образование в Кембриджском университете (Великобритания). В 1937 г. получил степень магистра в Принстонском университете (США), там же в 1938 г. защитил докторскую диссертацию по астрофизике⁵, его научным руководителем был выдающийся астроном Генри Рессел (1877–1957), построивший в 1913 г. известную диаграмму спектр–светимости звезд Герцшпрунга–Рессела. В 1938–1939 гг. Л. Спитцер работал докторантом в Гарвардском университете (США), в 1939–1942 гг. преподавал астрономию и физику в Йельском университете. В те годы директором Гарвардской обсерватории был Харлоу Шепли (Земля и Вселенная, 1966, № 2), под руководством которого проходили еженедельные обсуждения работ сотрудников; в них участвовал и Лайман. Молодой профессор заинтересовался трудами своих коллег Барта Бока и Дональда Мензела⁶.

В 1939 г. Л. Спитцер женился на археологе Дорин Д. Кэнэдей (она происходила из зажиточной семьи) – выпускнице старейшего престижного женского гуманитарного университета Брин-Мар, очаровательной и решительной женщине;



Г. Рессел и Л. Спитцер в Принстонском университете. Начало 1940-х гг.

с ней он прожил всю оставшуюся жизнь. Между 1942–1954 гг. у них родилось четверо детей: сын Николас и дочери Дионис, Сара и Лидия.

В годы Второй мировой войны ученый занимался исследованиями по военной тематике в Колумбийском университете по программе ВМС США, в частности, усовершенствованием гидролокатора в “Sonar Analysis Group”. Тогда же он обратил внимание на ракету Фау-2 (V-2) как на новое средство доставки приборов за пределы атмосферы для астрономических исследований. В 1946 г. с помощью спектрометра, установленного на этой ракете, впервые был получен ультрафиолетовый спектр Солнца. В том же году он отправил в стратегический исследовательский центр “RAND Corporation” доклад “Астрономические преимущества внеземной обсерватории” с предложениями на эту тему (он рассмотрел достоинства телескопа космического базирования диаметром до 13 м). В то время эта идея поражала своей фантастичностью, так как самый большой в мире

⁴ O’Konnor J., Robertson / E. Lyman Spitzer / MacTor History of Mathematics archive, University of St. Andrews, July, 2008.

⁵ Astrophysical Journal, 1938. V. 90. P. 494–549.

⁶ Интервью с Л. Спитцером / Bromberg J. Princeton University, 15 March 1978.



Преподаватель Йельского университета
Л. Спитцер. 1940 г.

5-м телескоп-рефлектор им. Дж.Хейла Паломарской обсерватории (Калифорния) начал работу только в 1948 г. В своем докладе Л.Спитцер так аргументировал причину построить внеземной телескоп: *“Раскрыть новые явления и процессы во Вселенной, которые, возможно, изменят наши фундаментальные представления о пространстве–времени”*. Он назвал два главных достоинства космического телескопа: во-первых, атмосфера поглощает рентгеновское, почти все ультрафиолетовое и большую часть инфракрасного излучения от небесных объектов, поэтому наблюдения в этих длинах волн необходимо проводить вне атмосферы; во-вторых, тур-

булентность атмосферы ухудшает четкость изображений – она ограничивает их резкость при размере объекта около угловой секунды. Для сравнения: человеческий глаз может видеть объекты размером до 1° , тогда как разрешение паломарского телескопа в 60 раз выше, а космического – в 3 тыс. раз лучше (!)⁷.

В 1946 г. Л. Спитцер возвратился к преподаванию астрономии в Йельском университете в качестве адъюнкт-профессора; весной 1947 г. ему предложили должность профессора (назначен председателем отдела астрофизики Принстонского университета после ухода Генри Рессела), тогда же он стал деканом кафедры астрономии и его избрали директором обсерватории Принстонского университета, которую он возглавлял до 1979 г. Спитцер вместе с профессором Принстонского университета астрофизиком Мартином Шварцшильдом (1912–1997) разработали программу по теоретической астрофизике; они создали в отделе крупную исследовательскую установку по изучению поведения плазмы в вакууме. Л. Спитцер и М. Шварцшильд показали, что столкновение шаровых звездных скоплений с гигантскими молекулярными облаками постоянно накачивают энергию в них, а сами скопления разрушаются через несколько сотен миллионов лет. Исследования Л. Спитцера в этой области освещены в книге *“Динамическая эволюция шаровых скоплений”*, изданной в 1987 г.⁸

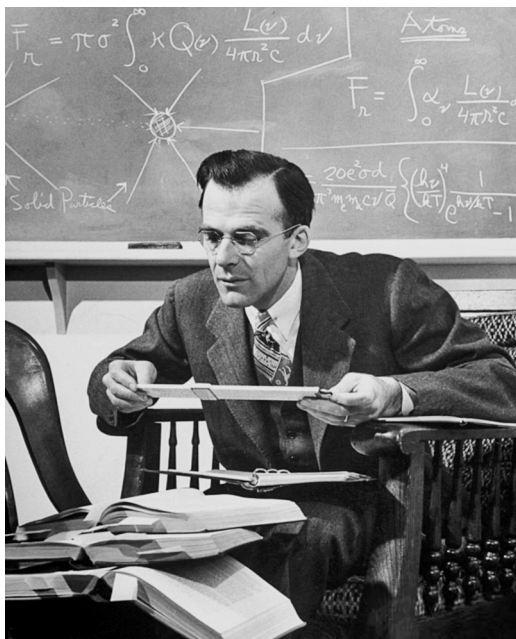
В 1951 г. Л. Спитцер основал Лабораторию физики плазмы в Принстонском университете; с 1953 по 1966 г. он оставался ее директором. В 1952 г. его избрали профессором астрономии Принстонского университета и членом Национальной академии наук США, в 1960–1962 гг. ученый становится президентом американского Астрономического общества.

⁷ Воспоминания об идее ракетных и орбитальных астрономических исследований ученый опубликовал в статье “Мечты, звезды и электроны” (Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics, 1989. Т. 27).

⁸ Field G.B. Lyman Spitzer // Astronomical Society of the Pacific, 1998. V. 110. P. 745.

С конца 1940-х гг. в Гарварде широко обсуждалась теория американского астрофизика Ганса Бете (в 1938 г. он открыл протон-протонный цикл термоядерных реакций) об энергетическом источнике питания звезды в виде ядерных реакций в течение миллионов и миллиардов лет. Поскольку наша Галактика значительно старше, то Л. Спитцер пришел к заключению, что звезды должны формироваться в межзвездной среде, а магнитное поле могло сильно влиять на звездообразование. Он стал исследовать, как звезды разных классов эволюционируют основываясь на теории газопылевых облаков и наблюдении за межзвездными линиями поглощения. Д. Мензел и другие астрофизики стали изучать области разогретого ионизованного водорода H II – разновидности эмиссионных туманностей вокруг горячих звезд с целью определить, в каких условиях происходит звездообразование. Л. Спитцер выполнил подобные исследования молекулярных облаков – наиболее плотных и холодных частей межзвездного газа, состоящих из нейтральных атомов водорода (области H I); их существование предсказал датский астрофизик Бенгт Стрёмгрен. В обсерватории Маунт-Вилсон Л. Спитцер получил спектры горячих звезд, а также исследовал поляризацию света звезд⁹.

В ранних работах 1950-х гг. Л. Спитцер рассмотрел ряд вопросов образования спектральных линий: в частности, теории некогерентного рассеяния света в звездных атмосферах и расширения спектральных линий при повышении давления газа; выполнил детальный анализ физических условий в атмосферах холодных звезд-сверхгигантов Бетельгейзе и α Геркулеса¹⁰. Он впервые обратил внимание на аномальное поле скоростей в атмосферах этих звезд, впоследствии интерпретированное со-



Л. Спитцер занимается вычислениями в Принстонском университете. 1948 г.

ветским астрономом А.Н. Дейчем как истечение из них вещества.

В конце 1950-х гг. Л. Спитцер и М. Швардшильд спроектировали стратоскоп – гондолу с телескопами, которая поднималась на аэростате в стратосферу и на этой высоте выполнялись краткосрочные исследования звезд. Эксперименты с полетами стратоскопов, дистанционно управляемых с Земли, проводились с конца 1950-х гг. до начала 1970-х гг. (наблюдения звезд велись в оптическом и инфракрасном диапазонах спектра).

В 1950–1960-х гг. Л. Спитцер выполнил фундаментальные исследования по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу; предложил систему замкнутой магнитной ловушки для удержания высокотемпературной плазмы сильным магнитным полем с помощью

⁹ Ostriker J.P. Lyman Spitzer. 26 June 1914 – 31 March 1997 / Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society (2007. V. 53. PP. 339–348); National Academy of Sciences (2009. V. 90).

¹⁰ British Interplanetary Society, 1950. V. 90. P. 131–136.



Здание обсерватории Принстонского университета. Фото 1959 г.

“стелларатора” (тип реактора для осуществления управляемого термоядерного синтеза; назван от лат. *stella* – звезда, что указывает на схожесть процессов, происходящих в нем и внутри звезд). Стелларатор изобретен Л. Спитцером в 1950 г.; первый образец построен под его руководством в следующем году в рамках секретного проекта “Маттерхорн” (Project Matterhorn)¹¹. В 1958 г. он опубликовал статью “Концепция стелларатора”, в которой описал дальнейшие исследования в Лаборатории физики плазмы в Принстонском университете. В 1961–1969 гг. было создано 8 моделей стеллараторов, проведено множество испытаний и опытов по изучению процессов термоядерного синтеза, моделирующих термоядерный синтез в звездах. Еще в 1939 г. было установлено, что термоядерный синтез является

источником звездной энергии. В мало-массивных звездах энерговыделение, в основном, обеспечивается протон-протонным циклом, в тяжелых – углерод-



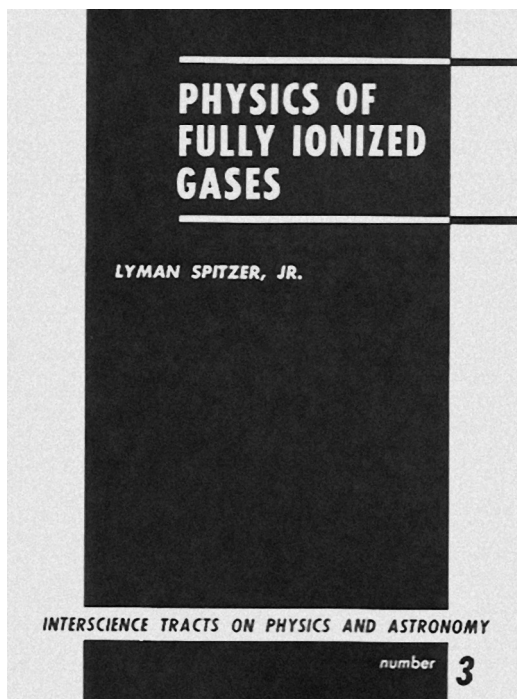
М. Шварцшильд и Л. Спитцер демонстрируют модель гондолы с телескопами стратоскопа. Конец 1950-х гг.

¹¹ American Rocket Society, 1952. V. 22. P. 92–96.

но-азотным. Запас ядерного топлива в звезде ограничен и постоянно тратится на излучение. В результате термоядерного синтеза выделяется энергия и изменяется состав вещества звезды, в сочетании с гравитацией, стремящейся сжать звезду и тоже высвобождающей энергию – основные движущие силы эволюции звезд. Как известно, они рождаются в гигантском молекулярном облаке; из-за неоднородности гравитационного поля в нем могут возникнуть возмущения, приводящие к локальным концентрациям массы и вызывающие гравитационный коллапс облака, что активизирует процесс звездообразования. Оно происходит при столкновении двух облаков, либо во время прохождения облака через плотный рукав спиральной галактики, либо при взрыве близлежащей сверхновой звезды, этот процесс возможен при столкновении галактик. Любые силы, действующие на облако, могут инициировать рождение звезд и начало в них термоядерного синтеза¹².

Не одно поколение специалистов, работающих в области физики плазмы и термоядерного синтеза, изучало основы теории плазмы по книге Л. Спитцера “Физика полностью ионизованного газа” (1955; пер. с англ. в 1957, 1965), посвященной результатам обширных исследований динамики плазмы. В ней рассмотрены движение заряженных частиц, макроскопические свойства плазмы и волны в ней; магнитогидродинамическое равновесие и устойчивость, столкновения заряженных частиц; предложена идея стелларатора и формула Спитцера для электропроводности высокотемпературной плазмы. Бесспорные достоинства книги как учебного пособия делают ее особенно ценной – в ней содержится много полезного материала, который может помочь в подготовке выступления с лекцией или на семинаре.

Л. Спитцер в монографии “Диффузное вещество в космосе” (1968) доказал

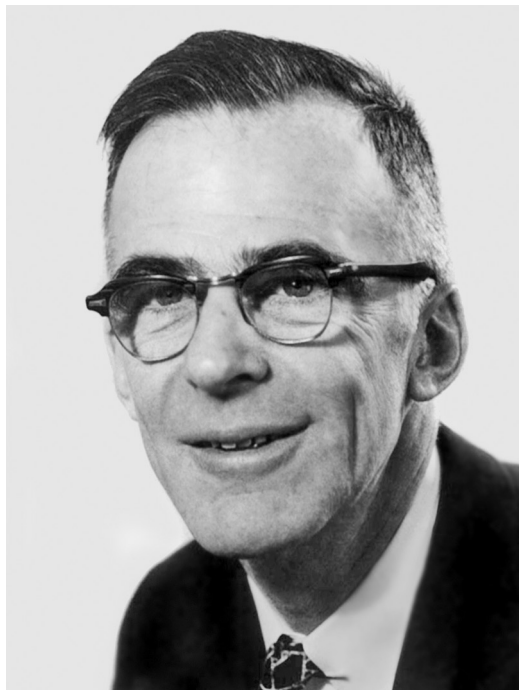


Обложка монографии Л. Спитцера “Физика полностью ионизованного газа”. 1955 г.

несостоятельность приливной гипотезы Дж. Джинса об образовании Солнечной системы в результате прохождения звезды вблизи нашего светила (Земля и Вселенная, 2011, № 5). Выброшенное из Солнца вещество не сможет сконденсироваться и образовать планеты; оно будет рассеяно в пространстве вследствие преобладания в нем силы внутреннего давления над силой гравитационного взаимодействия между разными частями системы. Ученый исследовал эволюцию сферического облака точечных масс при гравитационном взаимодействии системы; показал, что звезды в скоплениях постепенно приобретают скорость, превышающую критическую, и могут покинуть скопление.

Когда в 1960-е гг. Л. Спитцер начал исследовать межзвездное вещество, то

¹² Spitzer L. Jr. Cooperative Phenomena in Hot Plasmas // Nature, 25 January 1958. P. 221–222.



Профессор Принстонского университета Л. Спитцер. 1973 г. Фото Р. Нортон.

заметил, что в эллиптических галактиках есть только старые звезды, но в их составе нет газопылевых туманностей; в то время как спиральные галактики включают в себя молодые звезды и туманности. Он понял, что звезды должны формироваться в спиральных галактиках; определил равновесные температуры в межзвездных облаках ионизованного и нейтрального водорода; впервые произвел учет нагревания межзвездного газа космическими лучами; изучил химический состав межзвездных облаков: в частности, процент содержания в них лития и бериллия; рассмотрел такие вопросы физики межзвездной среды, как образование молекул, ориентация в пространстве твердых частиц (космических пылинок); связь между газовыми и пылевыми облаками; динамика взаимодействия звезд и межзвездных

газовых облаков¹³. Своими исследованиями Л. Спитцер заложил фундаментальные основы в понимание структуры, свойств и состава межзвездного газа; они изложены в 1978 г. в монографии “Физические процессы в межзвездной среде” (пер. с англ. в 1981 г.). В ней рассмотрены возбуждение, ионизация и диссоциация атомов и молекул; перенос излучения и образование спектральных линий; влияние космической пыли; распространение ударных волн и ионизационных фронтов; гравитационный коллапс облаков межзвездного газа и образование протозвезд. Эта книга служила в течение двух десятилетий учебным пособием для студентов и аспирантов в области астрофизики, спектроскопии, физики плазмы и газодинамики.

Ученый высказал предположение о существовании протяженной горячей “галактической короны” вокруг нашей Галактики и о том, что в аналогичных коронах вокруг далеких галактик могут образовываться сильно смещенные “в красную сторону” линии поглощения, которые наблюдаются в спектрах некоторых квазаров. Он рассмотрел процессы конденсации вещества в ядрах галактик и образования плотных ядер, содержащих массивные звезды; высказал предположение о том, что в результате частых столкновений звезд в сверхплотных ядрах галактик освобождается огромное количество энергии; это объясняет высокую светимость ядер сейфертовских галактик и квазаров.

Значительную часть своей научной карьеры Л. Спитцер посвятил продвижению проекта Большого космического телескопа (Large Space Telescope; аббревиатура “LST” расшифровывалась как *Лаймана Спитцера Телескоп*; Земля и Вселенная, 1978, № 5). Претворение этой идеи в жизнь началось в 1959 г., когда США предложили помощь Комитету по космическим исследованиям (КОСПАР) в создании и запуске научных

¹³ American Scientist, 1962. V. 50. P. 473–484.

спутников. Сразу после этого Британский научно-инженерный совет предложил NASA разработать небольшой космический аппарат для астрономических исследований.

26 апреля 1962 г. с площадки 17А космодрома на мысе Канаверал была запущена конверсионная ракета-носитель “Тор-Дельта” с первым британским ИСЗ “Ариэль-1” (“Ariel-1”; UK-1, S-55), созданным в Космическом центре им. Р.Годдарда (США). Спутник выполнил эксперименты, направленные на выявление связей между солнечной радиацией и процессами в ионосфере Земли. В середине 1962 г. Национальная академия наук США опубликовала доклад, в котором было рекомендовано включить разработку орбитального телескопа в космическую программу. В 1965 г. Л. Спитцера назначили главой комитета, в задачу которого входило определение круга научных задач исследований для крупного космического телескопа. Многие астрономы не поддерживали эту идею, так как были обеспокоены тем, что высокая стоимость проекта уменьшит поддержку наземной астрономии. Ученый приложил большие усилия к убеждению научного сообщества и Конгресса США в уникальных свойствах такого телескопа и его огромном научном значении¹⁴.

В 1968 г. мечта Л. Спитцера о создании Большого космического телескопа стала осуществляться. С этого времени NASA приступило к проработке более скромного (по сравнению с предложенным) проекта Большого космического телескопа-рефлектора с зеркалом диаметром 3 м. Запуски в 1966–1972 гг. первых в мире четырех “Орбитальных астрономических обсерваторий” (“ОАО”), созданных в результате сотрудничества NASA и Британского совета по науке и прикладным исследованиям (SERC), послужили наглядной демонстрацией роли орбитальных телескопов в изучении Вселенной. В 1972–1981 гг. успешно



Визит Л. Спитцера в корпорацию “Lockheed Martin Space Systems” в Саннивейл (штат Калифорния), в которой выполняли сборку Космического телескопа им. Э. Хаббла. Середина 1980-х гг.

работал в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах спутник “ОАО-3”, названный в честь 500-летия польского астронома “Коперник”. На борту аппарата находился 80-см УФ-телескоп Принстонского университета, изготовление которого инициировал Л. Спитцер. Но программа “Аполлон” (1962–1975 гг.) поглотила большую часть ресурсов NASA, поэтому на конкурсной основе орбитальным телескопам дали “низкий приоритет” и все хлопоты Л. Спитцера не имели успеха. Только в 1970 г. NASA учредило два комитета по изучению и планированию технических аспектов телескопа и разработке программы научных исследований. Следующим серьезным препятствием было финансирование проекта, затраты на который должны были превзойти стоимость любого наземного телескопа. Л. Спитцер и многие астрономы продолжили лоббировать NASA и Конгресс, встречались с сенаторами и руководителями центров для того, чтобы завоевать необходимую полити-

¹⁴ Интервью с Л. Спитцером / DeVorkin D. Princeton University, 8 April 1977.

ческую поддержку в принятии проекта LST. Ученые путешествовали по стране, убеждая общественность в том, что строительство крупного орбитального телескопа должно стать приоритетной задачей. Наконец в 1978 г., в значительной степени благодаря непрерывным усилиям Л. Спитцера, Конгресс одобрил финансирование в размере 36 млн долларов строительства Большого космического телескопа; его запуск планировался на 1983 г. Программой предусматривалось уменьшение диаметра зеркала с 3 м до 2,4 м; необходимость регулярных пилотируемых экспедиций для обслуживания телескопа с целью обеспечения продолжительной работы дорогостоящего прибора. Параллельно развивалась программа “Спейс Шаттл” (Земля и Вселенная, 2012, № 2), которая давала надежды на получение соответствующих возможностей. В начале 1980-х гг. космический телескоп получил имя выдающегося астронома и космолога Эдвина Хаббла (Земля и



Дорин и Лайман Спитцеры. 1991 г.



Могила Л. Спитцера на Принстонском кладбище (штат Нью-Джерси).

Вселенная, 1989, № 5). 24 апреля 1990 г. КК “Дискавери” (STS-31) доставил обсерваторию на околоземную орбиту; в 1993, 1997, 1999, 2002 и 2009 гг. состоялись пять последовавших друг за другом экспедиций кораблей “Спейс Шаттл” по его обслуживанию (Земля и Вселенная, 1994, №№ 4, 5; 1998, № 1; 2000, № 5; 2002, № 4; 2005, № 6; 2009, № 5).

Как полагали его коллеги, Лайман Спитцер был человеком “невероятной дисциплины, усердия и вежливости”; он был прекрасным педагогом, его уважали коллеги-астрономы и студенты.

Л. Спитцер — автор монографий “Физика полностью ионизованных газов” (1955), “Диффузное вещество в космосе” (1968), “Физические процессы в межзвездной среде” (1978), “Пространство между звездами” (1983), “Динамическая эволюция шаровых скоплений” (1987).

Ученый был членом многочисленных научных организаций (включая американскую Академию искусств и наук), в

их числе Национальная академия наук, Астрономическое, Физическое, Философское и Геофизическое общества; Тихоокеанское астрономическое общество, Королевское астрономическое общество (Лондон); он состоял в Ассоциации профессоров университетов.

Л. Спитцер был награжден медалью NASA “За выдающиеся научные достижения” (1972), Золотой медалью им. Кэтрин Брюс Тихоокеанского астрономического общества (1973), медалью им. Генри Дрэпера Национальной академии наук США (1974) “За технические разработки, достижения в области космической астрономии и выдающийся вклад в физику плазмы в межзвездной среде”; медалью Карла Шварцшильда Астрономического общества Германии (1975), медалью NASA “За выдающуюся государственную службу” (1976), Золотой медалью Лондонского королевского астрономического общества (1978), Национальной научной медалью правительства США (1979), медалью Франклина Института Франклина (США, 1980), медалью Жюлья Дженссена Французского астрономического общества (1980), медалью Джеймса Мэдисона Ассоциации выпускников Принстонского университета (1989). В 1975 г. он был первым удостоен премии Джеймса Максвелла за новаторские исследования в области физики плазмы американским Физическим обществом, в 1977 г. – в качестве награды ученый прочитал лекцию в Йельском университете, в 1985 г. – международной премией Краффорда Шведской королевской академии наук в области астрономии – эквивалентом Нобелевской премии¹⁵.

Лайман Спитцер скончался внезапно – 31 марта 1997 г. в Принстоне в возрасте 82 лет – в обычный рабочий день, в родном университете, обсуждая с коллегами проблемы астрономии и анализируя наблюдения Космического телескопа



Сборка космического телескопа им. Л. Спитцера в Космическом центре им. Дж. Кеннеди (штат Флорида). 2 мая 2003 г. Фото NASA.

им. Хаббла... У него остались жена, четверо детей и десять внуков.

Имя ученого получила одна из больших космических обсерваторий NASA (“Спитцер”, SIRTf; см. статью В.Г. Курта в этом номере журнала); была запущена на околоземную орбиту 25 августа 2003 г., а также астероид 1956 RL (2160 Spitzer). Его именем названы библиотека в колледже Давенпорт в Йельском университете, Лаборатория физики плазмы Принстонского университета (штат Нью-Джерси), Планетарий Музея естественной истории Фернбанк в Атланте (штат Джорджия) и здание в его родном городе.

С.А. ГЕРАСИУТИН

¹⁵ Who was Lyman Spitzer? / NASA Biography/Published by the California Institute of Technology and the Jet Propulsion Laboratory, 2010.

Самая древняя спиральная галактика

Недавно международная группа астрономов из Технологического и Австралийского национальных университетов с помощью телескопа “Джемини север” им. Фредерика Ч. Гиллента Обсерватории Джемини (Гавайи) обнаружила одну из самых старых спиральных галактик – A1689B11 в созвездии Скульптор (11 млрд св. лет от нас). Используя метод гравитационного линзирования и мощную технику (инфракрасный интегральный полевой

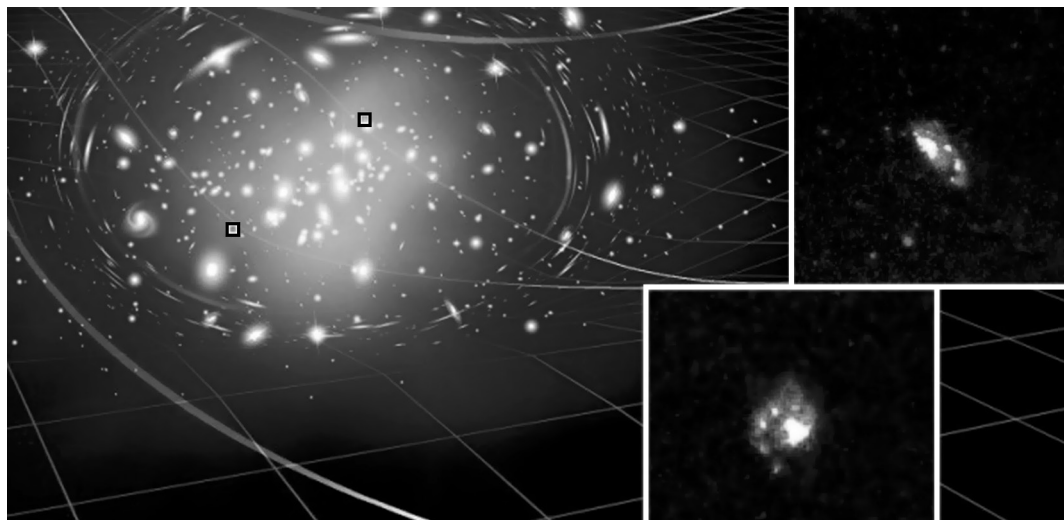
спектрограф NIFS), ученые смогли увидеть очень редкий объект ранней Вселенной. Этот метод, при котором крупные объекты (например, галактические скопления) используются в качестве своеобразной линзы, часто применяется для изучения очень далеких древних галактик. Детально исследовать столь отдаленную галактику помогло то, что яркость A1689B11 была усилена гравитационной “линзой” – большим и массивным галактическим скоплением Abell 1689.

Согласно созданной Э. Хабблом классификации, все галактики начинают свое формирование с эллиптических структур, после чего приобретают форму спиральных, линзообразных или irregулярных галактик. Откры-

тие подобной, очень древней спиральной галактики, особенно важно для понимания их эволюции. К тому же галактика A1689B11 демонстрирует интересные особенности: она обладает тонким и холодным диском со слабой турбулентностью, а звезды в ней рождаются в 20 раз быстрее, чем в галактиках того же типа.

Предполагается подробно разобраться в структуре и природе A1689B11. Особый интерес вызывает проблема возникновения спиральных рукавов – перехода от древних эллиптических галактик к более современным.

*Журнал “The Astrophysical Journal”,
14 ноября 2017 г.*



Древняя спиральная галактика A1689B11, расположенная в 11 млрд св. лет от нас. Снимок сделан в 2017 г. с помощью телескопа “Джемини север” Обсерватории Джемини (Гавайи). Фото SGO.

Эксперименты по проекту “Sirius”

24 ноября 2017 г. в Институте медико-биологических проблем РАН (ИМБП) завершился первый этап российско-американского проекта “Sirius-17”, имитировавший полет на Луну. В эксперименте, стартовавшем 7 ноября 2017 г., приняли участие член отряда космонавтов Анна Кикина, сотрудник РКК “Энергия” Марк Серов, представитель компании “Airbus Defence and Space” Виктор Феттер (Германия), сотрудники ИМБП Елена Лучицкая, Наталия Лысова и Илья Рукавишников. Участники эксперимента провели в изоляции 17 дней. На втором этапе эксперимента имитационный полет продлится четыре месяца, на заключительном – год. Цели программы “Sirius-17”: изучить, как изоляция в ограниченном пространстве влияет на психологическое и физиологическое состояние экипажа; протестировать костюмы экипажа и элементы управления разрабатываемого многоразового космического корабля “Федерация”. Все проверяется в наземных условиях: элементы управления, экипировка и даже рацион.

С помощью проекта “Sirius” отрабатываются полеты на Луну и Марс. В дальнейшем совместными усилиями России и США планируется строительство космической станции на орбите Луны. Главная проблема в осуществлении межпланетных путешествий – радиация, но благодаря магнит-



Участники российско-американского проекта “Sirius-17”: Илья Рукавишников, Наталия Лысова, Марк Серов, Елена Лучицкая, Виктор Феттер (Германия) и Анна Кикина.

ному полю нашей планеты обитатели МКС не подвергаются сильному облучению. Сейчас основные экспедиции на МКС ограничены несколькими месяцами, этого времени вполне хватает для того, чтобы оценить качество работы экипажа и состояние здоровья космонавтов.

Полет к Марсу займет не менее двух лет, поэтому сейчас идет подготовка к такой сложной и опасной экспедиции. В дальнейшем в проекте “Sirius” примут участие еще 10 испытателей. До 2024 г. планируется выполнить 10 годовых наземных экспериментов, первый начен на 2019 г.

Одним из самых известных и долгих экспериментов такого типа стал проект “Марс-500” (Земля и Все-

ленная, 2008, № 4; 2013, № 3), он проводился в период с 3 июня 2010 г. до 4 ноября 2011 г. Проект состоял из трех этапов протяженностью в 14, 105 и 520 суток, во время которого экипаж из шести членов обследовали специалисты: изучали физиологическое и психологическое состояние участников. Только в одном из трех экспериментов принимала участие женщина. В 2015 г. в ИМБП был проведен восьмидневный эксперимент “Луна-2015” по имитации полета к Луне (в экипаж входили только женщины).

*Пресс-релизы
ИМБП РАН и NASA,
21 ноября 2017 г.*

Константин Иванович Константинов

(К 200-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

В истории русской науки и техники середины XIX века генерал-лейтенант артиллерии К.И. Константинов (1819–1871) занимает особое место. Им заложены основы экспериментальной ракетодинамики и боевого применения ракет¹. Своей разносторонней творческой деятельностью он добился известности среди европейских ученых и инженеров. Его работы и изобретения в области ракетной техники и артиллерии, приборостроения и автоматики, воздухоплавания имеют огромную ценность (Земля и Вселенная, 1993, № 6).

К.И. Константинов родился в Варшаве 14 января 1819 года (по новому стилю). Отцом Константинова Константина Ивановича был брат российского императора Александра I и наместник в Царстве Польском великий князь Константин Павлович Романов (1779–1831), матерью – французская актриса Клара-Анна де Лоран (1799–1857). При рождении мальчик был наречен Константином Константиновичем Константиновым и записан сыном купца 2-й гильдии. У великого князя в двух браках не было детей, его внебрачные дети Константин и Констанция считались приемными детьми князя Ивана Александровича Голицына (1783–1852), адъютанта великого князя. Поэтому впоследствии детям было дано другое отчество – Ивановичи.



Генерал-майор К.И. Константинов (1858).

В 1831 году, во время восстания поляков, великий князь Константин Павлович по пути из Польши в Россию заболел холерой и умер в Витебске, а князь И.А. Голицын прибыл в Санкт-Петербург вместе с Кларой-Анной де Лоран и ее детьми – сыном Константином и дочерью Констанцией. Исполняя волю покойного, князь И.А. Голицын в 1834 году определил Константина юнкером в престижное артиллерийское училище (оно

¹ Качур П.И. Главный ракетчик Российской империи / М.: Издательский дом “Оружие и технологии”, 2013. 384 с.: ил.

было одним из лучших учебных заведений того времени, сейчас – Михайловская артиллерийская академия), где он и был записан сыном купца 2-й гильдии. Большая заслуга в организации учебного процесса и оснащении лабораторной базы училища принадлежит первому начальнику училища генерал-майору А.Д. Засядко (1779–1837; Земля и Вселенная, 1993, № 4).

Константин учился хорошо и был “четвертым по списку”, его учителем был военный ученый, генерал-лейтенант, первый в России профессор артиллерийских наук Е.-Х. фон Вессель. После успешного двухлетнего курса обучения Константин был оставлен в училище “для дальнейшего совершенствования в высших науках”, которое окончил в июне 1836 года, получив младший офицерский чин – прапорщик. В том же году его отправили в крепостную артиллерию Кронштадта на летнюю практику. Обучение в высших классах училища он окончил в 1837 году, и ему было присвоено звание подпоручика.



Отец К.И. Константинова великий князь К.П. Романов (первая четверть XIX в., гравюра Ф. Иона, из собрания Эрмитажа).



Князь И.А. Голицын (Варшава, 1830).

Во время учебы в училище в семье Константина произошли изменения. Мать Константина в 1839 году стала женой князя И.А. Голицына (после смерти его первой жены, которая в январе 1838 года скончалась).

В 1839 году за особые способности и заслуги на практических занятиях К.И. Константинова назначили преподавателем фейерверочной школы, где он освоил знания по устройству и технологии изготовления фейерверочных ракет. Педагогические качества и склонность к исследовательской работе прапорщика К.И. Константинова были замечены начальством, и в 1940 году его назначили помощником заведующего лабораторией при Охтенском пороховом заводе, представлявшем собой учебно-производственный центр.

Творчество К.И. Константинова характеризуется поиском новых,



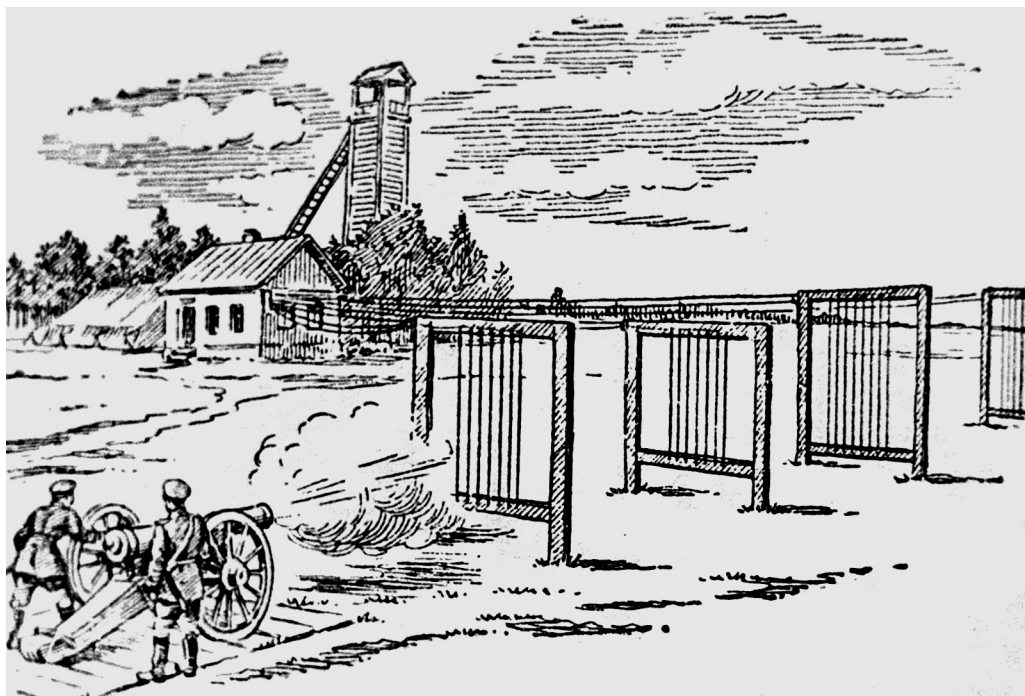
Главный корпус Михайловского артиллерийского училища (гравюра XIX в.).



Здание Охтенского порохового завода в Санкт-Петербурге (современный вид).

передовых научно-технических достижений и стремлением использовать их в своих работах. Константин Иванович изложил руководству свои соображения по совершенствованию

способа измерения скорости снарядов, но в России не было мастерской для изготовления задуманного им механизма. Молодого подпоручика по высочайшему повелению в октябре 1840 года



Измерение скорости полета снаряда с использованием электробаллистического хронографа конструкции К.И. Константинова.

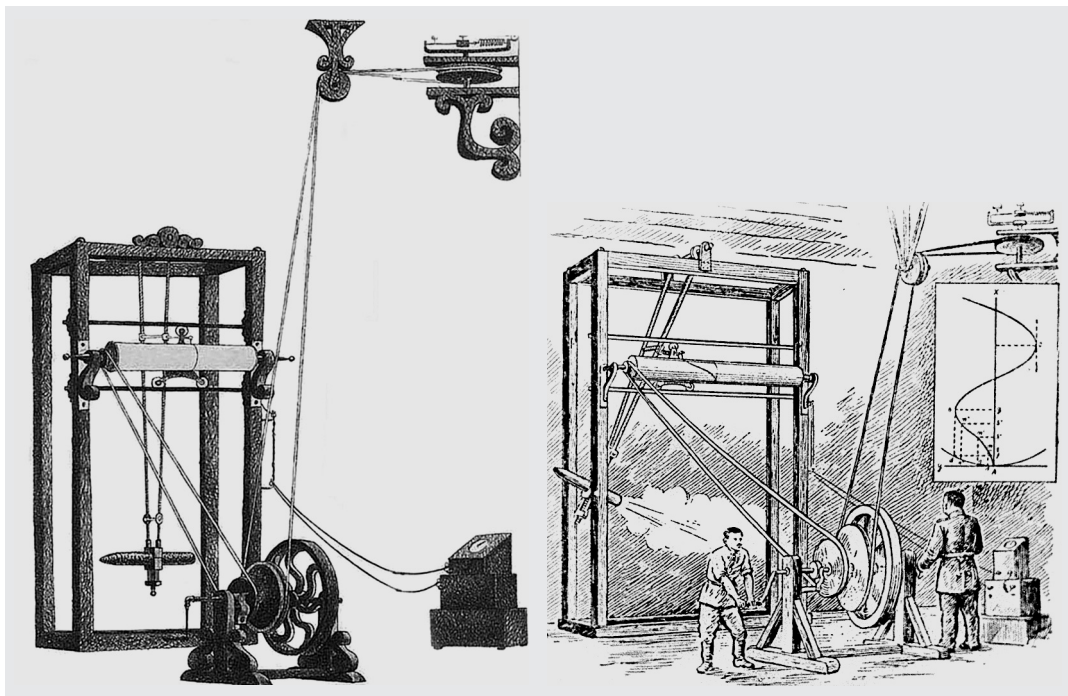
командировали за границу “для собрания полезных сведений до артиллерии относящихся”.

Константин Иванович побывал во всех европейских государствах, где артиллерийской и ракетной технике уделялось достаточно большое внимание, – в Австро-Венгрии, Англии, Бельгии, Голландии, Пруссии, Италии и во Франции. Во время этой командировки он изобрел электробаллистический прибор для измерения скорости артиллерийского снаряда. В его создании молодому К.И. Константинову помогали Ч. Уитстон – один из владельцев лондонской фабрики музыкальных инструментов и изобретатель физических приборов, а также Луи Бреге – владелец фабрики точных механизмов в Париже.

В марте 1844 года К.И. Константинов был произведен в штабс-капитаны, в июне этого же года возвратился

в Россию, где испытал разработанный им электробаллистический хронограф. Уитстон и Бреге попытались “приписать” славу изобретения себе, но Константин Иванович парировал их притязания и сохранил в истории науки и техники приоритет России в применении “гальванизма” в баллистических исследованиях.

Будучи командиром Школы мастеров и подмастерьев порохового, селитерного и серного дела при Охтенском пороховом заводе, Константин Иванович внес ряд усовершенствований в технику фейерверков (прорубные транспаранты, пиротехнический фотометр, способ сравнения форсовых составов, новая форма парашютов для осветительных ракет и ряд других). В 1846 году он опять был командирован за границу “для собрания сведений о метательной хлопчатой бумаге” (хлопчато-бумажном порохе).

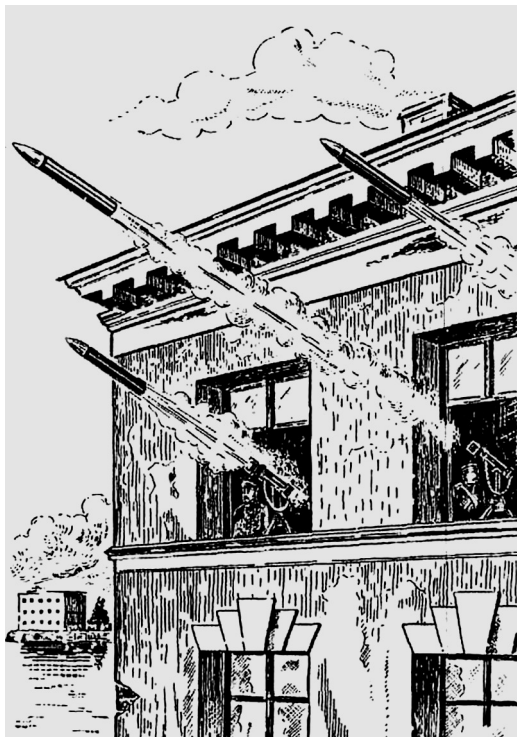


Измерение силы тяги ракеты на ракетном баллистическом маятнике К.И. Константинова.

В октябре 1847 года К.И. Константинов возвратился из командировки и в декабре этого же года произведен в капитаны. С этого момента он стал заниматься исследованиями ракетной техники. Первый его вклад в эту область был выдающимся – он создал ракетный баллистический маятник для измерения тяги порохового двигателя. До этого сила тяги измерялась с помощью обычных рычажных весов с гирями. “Маятник Константинова” был построен на ракетном полигоне на Волковом поле в Петербурге, испытан в присутствии членов Военно-ученого комитета и высоко оценен за точность измерений и простоту вычислений. Принцип и конструктивная схема ракетного баллистического маятника использовались через 100 лет в Институте физической химии АН СССР при исследовании удельного импульса тяги советских ракетных двигателей на

твердом топливе, которые создавались в конце 1940-х годов.

В декабре 1848 года Константинов был произведен в полковники. В это время Константин Иванович проводил опыты с боевыми ракетами с целью увеличения дальности полета и кучности падения, исследовал вопросы оптимальных параметров ракет, способы их стабилизации в полете, способы крепления и отделения на траектории головных частей ракет; составы ракетных порохов; уделял большое внимание улучшению технологии производства и сборки ракет, механизации и безопасности их изготовления; создал боевые ракеты с дальностью полета 4–5 км, пусковые установки; разработал машины для производства и технологический процесс изготовления ракет с применением автоматического контроля и управления отдельными операциями. Он предложил новые способы



Обстрел неприятельских траншей из окон казармы на Корабельной стороне в Севастополе в Крымскую войну (1853–1856).

применения ракет в военном деле, а также применение ракет для переброски троса в китобойном промысле.

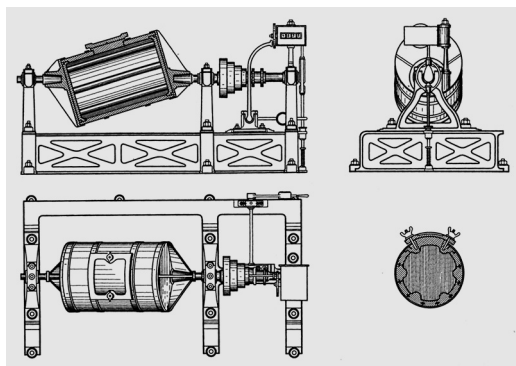
Высочайшим приказом 5 марта 1850 года полковник К.И. Константинов был назначен командиром Петербургского ракетного заведения – первого в России промышленного предприятия по производству боевых ракет; оно было основано в 1826 году, но пришло в упадок.

В 1853–1855 годах ракетное заведение для нужд Крымской войны изготовило несколько тысяч боевых ракет по технологии Константинова, за что ему было объявлено “монаршее благоволение”. Ракеты К.И. Константинова использовались для обстрела неприятельских траншей из окон казармы на Корабельной стороне в Севастополе.

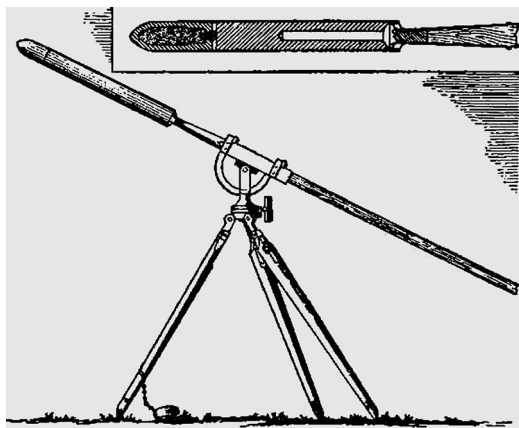
В сентябре 1855 года Константин Иванович был командирован в Ревель для организации защиты побережья от возможной высадки неприятельского десанта.

В то время стабильность энергетических характеристик черного пороха определялась однородностью смеси, что достигалось тщательным перемешиванием компонентов. До К.И. Константинова смешивание пороха производилось в “мешальных” бочках с горизонтальной осью вращения и ручным приводом, предложенным А.Д. Засядко в 1820-х годах. Но такой способ был причиной взрывов и пожаров, так как в них для лучшего измельчения компонентов насыпались медные пули, которые при некоторых условиях вызывали появление искр. В 1855 году Константин Иванович предложил использовать бочки с наклонной осью вращения. В них перемешивание происходило лучше, а сила ударов медных пуль одна о другую была существенно меньше.

В 1853 году полковник К.И. Константинов опубликовал в “Артиллерийском журнале” статью “Устройство, приготовление и употребление воздушных шаров”, а в 1856 году опубликовал обстоятельную работу “Воздухоплавание”, в которой впервые в русской печати изложил историю этого направления



Мешальная бочка с наклонной осью конструкции К.И. Константинова.



Боевая ракета и ракетный станок конструкции К.И. Константинова.

науки. В этой статье впервые в мире рассмотрена идея применения ракетных двигателей для движения и управления аэростатом.

В августе 1856 года он был произведен в генерал-майоры. В 1857 году в "Морском сборнике" Константин Иванович опубликовал работу с анализом всех предложений, связанных с подводным плаванием, в том числе предложенных известным русским инженером генерал-адъютантом К.А. Шильдером, применившим боевые ракеты на первой в мире цельнометаллической подводной лодке.

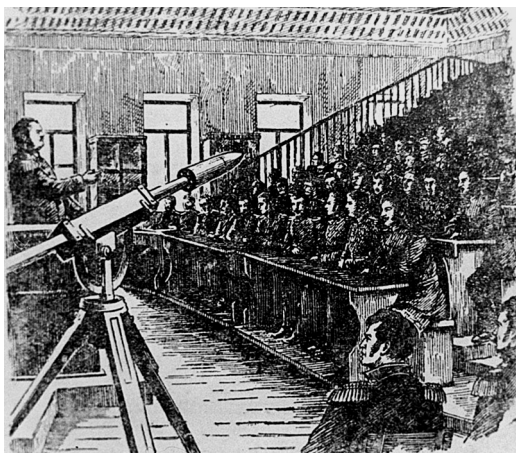
В 1857–1858 годах К.И. Константинов находился за границей, где изучал состояние ракетной техники. По возвращении читал курс лекций "О боевых ракетах" в Михайловской артиллерийской академии. В 1861 году его лекции были опубликованы в Париже на французском языке, а в 1864 году – в русском переводе. В то время это была единственная в мире фундаментальная монография по данной теме. Книга была высоко оценена в научных кругах (в том числе Парижской академией наук), затем автор был удостоен премии Михайловской артиллерийской академии.

В 1850-е годы К.И. Константинов разработал проект нового совершенного

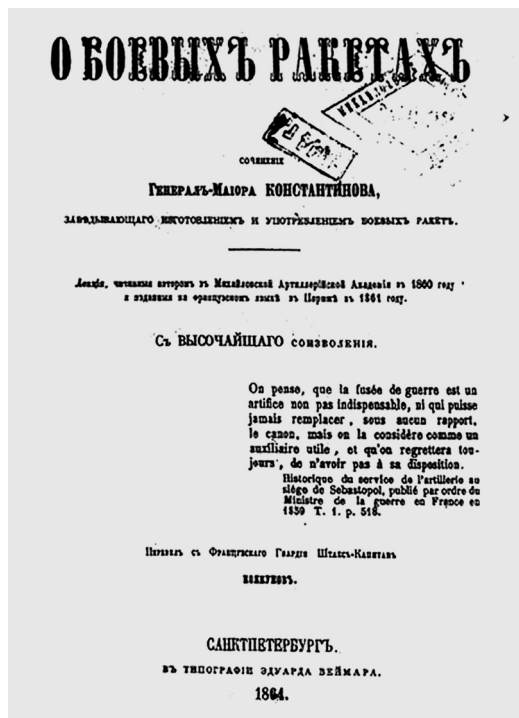
ракетного завода, который был утвержден. Он был назначен "заведующим изготовлением и употреблением" боевых ракет в русской армии. В марте 1862 года ученый представил проект нового ракетного завода в городе Николаеве. Для заказа оборудования Константин Иванович неоднократно выезжал во Францию.

В это время на смену устаревшим гладкоствольным тяжелым орудиям, перед которыми боевые ракеты имели несомненное преимущество, пришла нарезная артиллерия – гораздо более точная и скорострельная. В сравнении с нею ракетная техника, еще не успевшая занять прочного места в военном и общественном сознании, объективно не имела ощутимых преимуществ в то время. По этой причине в Европе боевые ракеты снимались с вооружения. Это породило в российских верхах сомнения в перспективности ракетного оружия, но К.И. Константинов смог в марте 1862 года получить высочайшее разрешение на строительство ракетного завода в Николаеве.

В 1862 году генерал-майор К.И. Константинов представил новую двухдюймовую боевую ракету, пусковой



Генерал-майор К.И. Константинов читает лекцию в Михайловской артиллерийской академии (1860).



Титульный лист монографии К.И. Константинова "О боевых ракетах" (1864).

станок для нее и ударный палец для запуска ("система 1862 года"). После высочайшего одобрения ракетная система была принята на вооружение русской армии. Состоялось признание ракетного оружия как необходимого и эффективного дополнения к нарезной артиллерии. Константинов выдержал экзамен на Особой императорской комиссии, собранной для уточнения необходимости строительства нового ракетного завода.

В апреле 1864 года Константин Иванович был произведен в генерал-лейтенанты, а в августе 1866 года командирован в город Николаев для наблюдения за постройкой ракетного завода. Для этого в 1867 году он переехал в Николаев и непосредственно руководил строительством. Главным отличием завода была "телединамическая передача движения", обеспечивавшая механизацию и автоматизацию

производственных циклов. Разработанное К.И. Константиновым специальное оборудование было настолько совершенным, что испанское правительство заказало в Париже точно такое же для своего нового ракетного завода в Севилье.

В Николаеве Константин Иванович организовал отделение Русского химического общества и был избран его первым председателем. Он перевез сюда свою огромную личную библиотеку и множество приборов.

В конце 1870 года здания завода были почти достроены, и уже велся монтаж оборудования. В ночь на 12 января 1871 года Константин Иванович Константинов скоропостижно скончался, не дожив несколько месяцев до открытия своего завода.

14 января прах выдающегося ученого и изобретателя был похоронен в селе Нивное Мглинского уезда Черниговской губернии (сейчас входит в состав Суражского района Брянской области). В алтарной части церкви села был обустроен склеп, в котором похоронены генерал-лейтенант К.И. Константинов, затем, в 1872 г., его сестра Констанция Ивановна Лишина (Константинова) и ее супруг генерал-лейтенант Андрей Федорович Лишин. С тех пор во всех артиллерийских училищах портрет К.И. Константинова размещался на почетном месте.

Ракетный завод был открыт после кончины К.И. Константинова, а в 1911 году был переведен в Шостку.

К.И. Константинов был награжден: орденом Св. Владимира 4-й степени (1849), Большой артиллерийской (Михайловской) премией (1849), Малой Михайловской премией (1951), орденом Железной короны 2-й степени от австрийского императора (1852), Знаком отличия беспорочной службы за XV лет (1852), орденом Св. Анны 2-й степени с Императорской короной (1853), орденом Св. Владимира 3-й степени (1855), Золотой медалью (1856), бронзовой медалью на Андреевской ленте в память



Часовня в селе Нивное Суражского района Брянской области, возведенная в честь К.И. Константинова (2007).

войны 1853–1856 годов (1856), орденом Изабеллы католической от испанской королевы (1859), орденом Св. Анны 1-й степени (1862), Большим крестом ордена Фридриха от короля Вюртенбергского (1864), Командорским крестом ордена Почетного Легиона от французского императора (1864), Большой Михайловской премией (1870).

В 1970-х годах начались мероприятия по увековечиванию памяти генерал-лейтенанта К.И. Константинова. В Москве, в районе ВДНХ, в честь К.И. Константинова названа улица, которой оканчивается Ракетный бульвар; его именем назван кратер в Северном полушарии на обратной стороне Луны.

27 февраля 2006 года под председательством маршала артиллерии В.М. Михалкина был образован Организационный комитет по увековечиванию памяти “заведующего изготовлением и употреблением боевых ракет” России генерал-лейтенанта

К.И. Константинова. Оргкомитет провел большую исследовательскую, поисковую и пропагандистскую работу:

- руководители и члены Оргкомитета дважды посетили Брянск, Сураж и село Нивное для согласования действий Оргкомитета с органами власти;

- организованы раскопки склепа К.И. Константинова в алтарной части церкви села Нивное, разрушенного в боях Великой Отечественной войны. Найденные при раскопках эполеты К.И. Константинова торжественно переданы Оргкомитетом в Центральный музей Российской Армии;

- проведена поисковая работа в архивах Санкт-Петербурга и Москвы;

- в честь К.И. Константинова возведена часовня у церкви в селе Нивное Суражского района, проведено благоустройство и установлен памятный знак на спонсорские средства ракетно-космических предприятий и предпринимателей;



Концепция памятника К.И. Константинову и будущего мемориала выдающимся создателям ракетной техники и военачальникам ракетных войск России на Ракетном бульваре в Москве (2017).

– Всемирной русской службой радиостанции “Голос России” организованы две радиопередачи “Первый российский генерал-ракетчик”;

– вышли в свет публикации о К.И. Константинове в местных газетах, в журнале “Новости космонавтики”;

– сделан доклад “К.И. Константинов – первый “нарком” ракетной промышленности Российской империи” на XXXIII Академических чтениях по космонавтике в МГТУ им. Н.Э. Баумана и публикация в сборнике трудов (2009);

– переиздана в 2009 году монография К.И. Константинова “О боевых ракетах”; она безвозмездно передана заинтересованным ученым, ветеранам; в музей, общественные организации и вузы;

– обустроен музей К.И. Константинова в школе села Нивное;

– подготовлена и издана в 2013 году монография П.И. Качура “Главный ракетчик Российской империи” (2013).

За десять дней до кончины, 1 января 2017 года, председатель Оргкомитета маршал артиллерии В.М. Михалкин подписал письмо мэру города Москвы с предложением о создании памятника К.И. Константинову на Ракетном бульваре в Москве. Одновременно Научное учреждение “Академия исторических наук” направило в Комиссию по монументальному искусству Московской городской думы официальное предложение по установке полноформатного памятника К.И. Константинову на Ракетном бульваре в Москве.

На заседании Оргкомитета, под председательством академика РАН Г.А. Попова, 21 января 2017 года заслушан отчет заместителя председателя Оргкомитета Е.И. Шоля о проделанной работе за прошедшее десятилетие; сформирован новый состав, избраны руководители Оргкомитета и обсужден план мероприятий на 2017–2018 годы.

В состав обновленного Оргкомитета вошли: В.Ф. Вебер, Г.И. Гришин, Н.А. Дерябин, В.М. Кашин, М.М. Матвеевский, Г.А. Попов, А.Д. Сивачев, В.И. Углов, А.М. Филатов, Б.П. Уткин и Е.И. Шоль. Председателем Оргкомитета избран генерал-полковник Б.П. Уткин, а на посту заместителя председателя Оргкомитета остался президент “Академии исторических наук” Е.И. Шоль.

Задачей Оргкомитета на ближайшие два года является сбор благотворительных средств на возведение полноформатного памятника генерал-лейтенанту К.И. Константинову, установка памятника на Ракетном бульваре, а также торжественная передача этого памятника в дар городу Москве в 2019 году – в год 200-летия со дня рождения К.И. Константинова.

Установкой этого памятника Оргкомитет планирует начать создание на Ракетном бульваре комплексного мемориала выдающимся советским и российским генеральным конструкторам ракетной техники и военачальникам ракетных войск.

31 марта 2017 года президент Клуба военачальников Российской Федерации генерал армии А.С. Куликов направил мэру города Москвы С.С. Собянину письмо с поддержкой инициативы создания памятника К.И. Константинову и с сообщением об избрании генерал-полковника Б.П. Уткина председателем Оргкомитета.

Московская городская дума Постановлением от 12 июля 2017 года № 116

поддержала предложение Оргкомитета и утвердила Научное учреждение “Академия исторических наук” исполнителем проекта установки памятника К.И. Константинову на Ракетном бульваре в городе Москве. В соответствии с этим постановлением Научное учреждение “Академия исторических наук” с 15 июля по 21 августа 2017 года провела закрытый конкурс на определение победителя – претендента на создание памятника К.И. Константинову в Москве. 21 августа 2017 года комиссия в составе председателя Оргкомитета генерал-полковника Б.П. Уткина и членов Оргкомитета академика РАН Г.А. Попова и представителя Дворянского собрания Г.Н. Гришина определила победителей конкурса – ими стали скульптор С.А. Щербаков и архитектор И.Н. Воскресенский.

Начиная с сентября 2017 года, Научное учреждение “Академия исторических наук” проводит сбор благотворительных средств среди юридических и физических лиц для изготовления памятника К.И. Константинову и передачи его в дар городу Москве в год 200-летия со дня рождения К.И. Константинова (см. раздел “Проекты” на сайте www.ainros.ru).

*Е.И. ШОЛЬ,
заместитель председателя Оргкомитета
по увековечиванию памяти
К.И. Константинова,
президент Научного учреждения
“Академия исторических наук”
кандидат экономических наук*

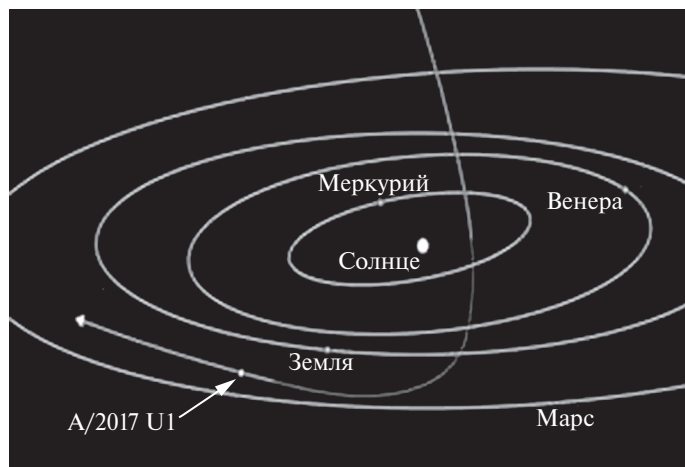
Межзвездный астероид

19 октября 2017 г. с помощью телескопа Pan-STARRS-1 астроном Роберт Верик из Института астрономии Гавайского университета обнаружил объект A/2017 U1 вытянутой формы (длина менее 400 м, диаметр около 160 м), движущийся в созвездии Лиры по гиперболической орбите, под углом 90° к плоскости эклиптики. Ученый представил сообщение об этом событии в Центр малых планет. Для точного измерения параметров орбиты, яркости и цвета объекта был немедленно задействован 8,2-м телескоп VLT Европейской Южной Обсерватории: комбинируя изображения астероида, полученные с помощью телескопа VLT с приемником FORS в четырех различных фильтрах, с изображениями, полученными на других крупных телескопах, группа астрономов под руководством Карен Мич (Институт астрономии на Гавайях, США) определила размеры объекта, а изменение его блеска в 10 раз показало, что он вращается вокруг своей оси с периодом в 7,3 ч.

Скорее всего, это небесное тело (астероид или комета) прилетело в Солнечную систему из межзвездного пространства. Если это так, то A/2017 U1 станет



Межзвездный астероид (или комета) 1I/Оумуамуа в представлении художника. Рисунок NASA/JPL. М. Корнмессер.



Траектория полета 1I/Оумуамуа в пределах Солнечной системы. Рисунок NASA/JPL.

первым таким объектом, который когда-либо наблюдали астрономы. Назвали объект “Оумуамуа”, что в переводе с гавайского означает “гость”, или “посланник из прошлого”. Для Оумуамуа – первого известного исследованного тела такого класса (межзвездный объект) – Международный астрономический союз ввел

индекс “I” (сокращение от англ. Interstellar – межзвездный), ему присвоено обозначение “1I/2017 U1”.

Баллистики Лаборатории реактивного движения NASA (JPL) изучили траекторию объекта и даже рассчитали направление его полета в ближайшем будущем. Оказалось, что вероятная область, откуда

вылетел 11/Оумуамау от своей родительской звезды, находится в окрестностях звезды Веги (созвездие Лиры): это произошло миллиарды лет назад. Отсутствие признаков присутствия комы указывает на его происхождение в области внутри “снежной линии” в системе родительской звезды (или находился в ней довольно продолжительное время), пока весь лед испарился. Оумуамау сотни миллионов лет странствовал со скоростью 46 км/с по Млечному Пути, пока случайно не встретился на своем пути

с Солнечной системой. Около 100 лет назад объект находился на расстоянии $561 \pm 0,6$ а.е. (84 млрд км) от Солнца и продолжал ускоряться, пока не достиг максимальной скорости – 87,7 км/с в перигелии, затем скорость уменьшилась до 26 км/с относительно Солнца. 2 сентября 2017 г. он прошел через плоскость эклиптики, находясь внутри орбиты Меркурия, затем достиг 9 сентября точки максимального сближения с Солнцем. Под действием гравитации светила он отклонился от начального направления и прошел

14 октября под плоскостью эклиптики рядом с орбитой Земли, сблизившись с планетой до расстояния примерно в 24 млн км. В ноябре он вновь поднялся вверх над плоскостью эклиптики, двигаясь со скоростью 46 км/с по отношению к Солнцу. В мае 2018 г. объект пересечет орбиту Юпитера, а в январе 2019 г. орбиту Сатурна; позднее 11/Оумуамау вылетит из Солнечной системы в направлении созвездия Пегас.

*Пресс-релизы МАС,
NASA и ESO,
25 и 26 октября,
20 ноября 2017 г.*

Информация

Астрономический обзор нового поколения

В Научном институте Карнеги (США) в рамках проекта Слоуновский цифровой обзор неба (Sloan Digital Sky Survey, SDSS), возглавляемого Д. Колмейером (при условии получения гранта Фонда Альфреда Слоуна) будет составлена карта всего неба. Этот новый обзор SDSS-V поможет открыть в 2020 г. новую страницу исследований и открытий. SDSS стал одним из самых успешных и значительных

обзоров неба в истории астрономии: с его помощью создана одна из самых подробных трехмерных карт Вселенной, получены снимки одной трети всего неба в различных цветах, а также спектры более 3 млн астрономических объектов. Обзор неба SDSS-V должен вобрать в себя все лучшее из проекта SDSS и вместе с тем вывести проект на новый технологический уровень. Для наблюдений обзора неба SDSS-V планируется использовать в основном такие инструменты, как 2,5-м телескоп обсерватории Апачи-Пойнт (США) и 2,5-м телескоп “Du Pont” обсерватории Лас-Кампанас (Чили). Наблюдения будут проводиться не только в обеих полусферах неба, но

также и в двух разных длинах волн. SDSS-V будет состоять из трех отдельных проектов; в рамках каждого планируется составить карты расположения разных компонентов Вселенной: в рамках Milky Way – изучить структуру Млечного Пути, его звезды и планеты; в Black Hole Mapper – формирование, рост и размеры сверхмассивных черных дыр, расположенных в центрах галактик; Local Volume Mapper поможет создать первые подробные спектроскопические карты наиболее известных близлежащих галактик.

*По материалам
интернет-сайта
“Астроньюс”,*

Звезды: от неподвижности до сверхскоростей

Г.Н. ДРЁМОВА,
кандидат физико-математических наук
В.В. ДРЁМОВ,
доктор физико-математических наук
Российский федеральный ядерный центр
А.В. ТУТУКОВ,
доктор физико-математических наук
Институт астрономии РАН

*Посвящается 300-летию открытия
Э. Галлеем собственного движения звезд*

С глубокой древности – назовем ее “эпохой первобытной астрономии” – звезды считались неподвижными. Безусловно, человек видел, что звезды восходят и заходят, “перемещаясь” по звездному небу, но расстояние между ними не меняется. В этом смысле у первых созерцателей ночного неба сформировалось представление о неподвижности звезд, что, возможно, и послужило эволюционным гарантом человечеству как виду в его стремлении научиться ориентироваться в пространстве и во времени.

Наиболее ранними свидетельствами об успешном решении поставленной задачи можно считать фрагменты наскальной живописи, изображающие сцены охоты на животных; они датируются 30–60 тыс. лет до н.э. По мнению некоторых антропологов, их можно трактовать как зооморфные символы для обозначения частей света. В каких действительных представлениях жил человек в каменном веке мы, к сожалению, достоверно не знаем, но воображение рисует величественную картину ночного усеянного звездами неба, которым восхищается первый

человек. Кто бы он ни был – он был первый астроном...

Фон неподвижных звезд служил очень удобной “привязкой” для выделения периодически повторяющихся небесных явлений: видимого движения Луны с чередованием ее фаз, изменения положения Солнца и нескольких известных тогда планет. Такой вывод мы можем сделать, опираясь на многочисленные археологические находки, обнаруженные на территории Закавказья, Северной Америки, Африки, Индии, Китая; их датируют эпохой позднего неолита (6–8 тыс. до нашей эры). Эти находки представляют собой календари, выбитые на камне, с изображениями меток, обозначающих месяцы и даты солнцестояния, а также созвездий, рядом с которыми приводилась схема, указывающая, какие звезды видны в каждый час ночи.

Уже с третьего тысячелетия до н.э. археологической аргументацией стали служить не отдельные каменные “послания”, а целые мегалитические комплексы. Как не назвать величественный храм Стоунхендж, посвященный Луне и Солнцу, построенный вблизи го-



Млечный Путь. Первой книгой пещерного человека было, по всей видимости, ночное небо, алфавитный звездный узор которого еще предстояло научиться читать. Рисунок с интернет-сайта: nationalgeographic.com.

рода Солсбери в юго-западной Англии, и обнаруженный еще в XVII в. английским писателем и антикваром Джоном Обри; или крупнейший храмовый комплекс Древнего Египта в Карнаке, посвященный верховному богу Солнца. Можно также добавить многоступенчатое культовое сооружение Зиккурат в Уре, возведенное в честь бога Луны Нанна в древней Месопотамии, в междуречье Тигра и Евфрата (территория современного Ирака). Все эти сооружения предназначались для проведения долговременных наблюдений за светилами, что, в свою очередь, было вызвано нуждами сезонного земледелия, задачами навигации и религиозного культа.

Так, в Вавилонии были найдены астрономические таблицы, известные как халдейские, датируемые VIII–VII вв. до н.э. Они содержали

эфемериды Луны и планет очень высокой точности. Сегодня непросто объяснить их появление – настоящая историческая загадка. Опираясь на эти таблицы, древнегреческие астрономы пытались создавать первые кинематические теории движения Солнца, Луны и планет; что же касается звезд, то тезис об их неподвижности рассматривался античными философами по-разному. В труде Архимеда (216 г. до н.э.) “Исчисление песчинок” цитируется знаменитый древнегреческий ученый Аристарх Самосский (310–230 гг. до н.э.), который считал, что Земля обращается вокруг Солнца, а звезды неподвижны и находятся на сфере очень большого радиуса, по сравнению с расстоянием от Земли до Солнца.

Со временем растущие ряды наблюдений за звездами систематизировали,



Каменные календари древних государств Месопотамии, основанные на долговременных наблюдениях жрецов; еще не имеют научной составляющей, но предшествуют ее возникновению (интернет-сайт: janto.ru).



Древнейший храмовый комплекс Стоунхендж эпохи неолита в юго-западной Англии. По сути, это первая мегалитическая астролябия, построенная для измерения положений Луны и Солнца, определения моментов их восходов и заходов, а также лунных и солнечных затмений. Фото с интернет-сайта: www.davidrowan.co.uk.

что привело к созданию каталогов. Наибольшую известность, начиная с античной эпохи, снискал каталог Гиппарха (185–126 гг. до н.э.); он составил его на острове Родос, по итогам многолетних наблюдений, позволивших ученому систематизировать данные о 850 звездах, с описанием их эклиптических координат и звездных величин.

Надо сказать, что Гиппарх был очень смелым человеком своего времени, поскольку впервые нарушил существовавший принцип устойчивого положения Земли в центре окружности, по которой вокруг нее равномерно движется Солнце, и, “придав Земле эксцентричное положение”, объяснил наблюдаемые неравенства в движении Солнца.

Каталог Гиппарха дошел до нас благодаря сочинению Клавдия Птолемея “Альмагест” (середина II в. н.э.; Земля и Вселенная, 1987, № 2), дополненному сведениями о еще 170 звездах с поправками долгот за прецессию. Термин “прецессия”, кстати, также был предложен Гиппархом. На протяжении почти полутора тысячи лет каталог Гиппарха оставался незыблемым стандартом в позиционной астрометрии.

На 2000 лет растянулось изучение неравномерности движения Луны, Солнца и пяти тогда известных планет – Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. За это время астрономия обогатилась изощренными геометрическими моделями устройства Солнечной системы. Например: моделями с эксцентром, с эквантом (выравнивающей точкой), а также созданной Птолемеем теорией эпициклов и деферентов, описывающих траекторию движения планет и их центров соответственно. Такие построения как-то объясняли “петлевое” движение планет и неравномерность их движения в различных частях эклиптики.

Не понимая природу сил, вынуждающих небесные тела двигаться, человек все время стремился математически обобщить их видимое движение. Идеи Николая Кузанского (XV в.) об относительности движения, подхваченные великим польским астрономом Николаем Коперником (Земля и Вселенная, 1973, №№ 1,3), привели к качественно новому анализу данных прежних наблюдений; они позволили прийти к гелиоцентрической концепции мира. Коперник объяснил кажущееся движение звезд движением самой Земли, ее суточным вращением, годичным обращением вокруг Солнца, прецессионным движением. Упорядочив планеты по их расстояниям от Солнца, Коперник “освободил” Солнечную систему от громоздкого аристотелевского описания 55-ю хрустальными сферами, но в отношении звезд ученый остался верен идее “*Sphaera Stellarum Fixarum*”,

то есть сфере неподвижных звезд. В своем знаменитом труде “О вращении небесных сфер” он пишет: “...между крайней планетой Сатурн и сферой неподвижных звезд существует громадное пространство”.

Кульминационной попыткой поиска мирового порядка стала работа Иоганна Кеплера “Гармония мира” (1620 г.). Опираясь на богатейшее научное наследие, накопленное непревзойденным наблюдателем дотелескопической эры датским астрономом Тихо Браге (1546–1601; Земля и Вселенная, 1996, № 6), Кеплер смог выйти за рамки “голых” кинематических моделей и связать движение планет с воздействием Солнца. Правда, он ошибся, посчитав, что воздействие связано с природой магнитных сил, но главное: Кеплер поднял проблему взаимодействия тел на расстоянии. Найденные ученым общие закономерности в движении всех планет были сформулированы потом в знаменитых трех законах Кеплера (Земля и Вселенная, 1994, № 1).

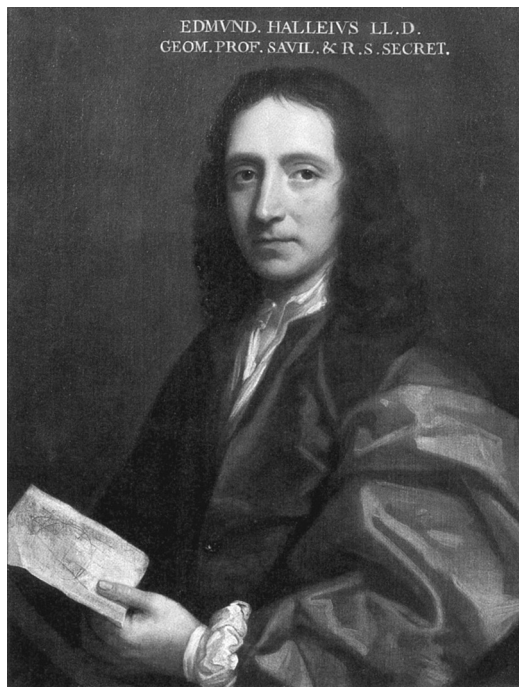
С началом телескопической эры, связанной с именем легендарного итальянского ученого Галилео Галилея (1564–1642; Земля и Вселенная, 1965, № 1), ничего не поменялось в отношении тезиса о неподвижности звезд, который сохранялся еще добрых сто лет. Галилей, опираясь на собственные наблюдения звезд Млечного Пути, впервые высказал мысль о том, что звезды по размерам подобны Солнцу, а различия в их блеске связаны с разным их удалением от Земли. Так разрушилась последняя сфера Аристотеля, и звезды “разъехались” на произвольные расстояния, что создало качественную основу для такого фундаментального понятия в космологии, как “бесконечность”.

Теперь стало ясно, что звезды находятся на разных расстояниях от Земли, но по-прежнему неподвижны. Почему? – Фатально не хватало инструментальной точности для измерения положений звезд? (Птолемеевские данные

не раз исправлялись астрономами.) Вспомнить хотя бы, каких успехов достигли в IX–XIII вв. астрономы Востока, разработав новый математический аппарат, основанный на таблице хорд Птолемея, который получил название сферическая тригонометрия. Кроме того, была серьезно усовершенствована астролябия: она позволила производить по ходу измерений преобразование эклиптических координат в горизонтальные (Земля и Вселенная, 2016, № 3). Эти два изобретения оказали заметную помощь в улучшении точности и качестве наблюдений, о чем свидетельствуют дошедшие до нас астрономические таблицы “Зиджи” крупнейших арабских астрономов Аль-Баттани, Ас-Суфи, Бируни, Ат-Туси, Улугбека (1394–1449; Земля и Вселенная, 1994, № 6). Но все это не зародило сомнений в тезисе



Астролябия средневековья уже тогда умещалась на ладони. Чем не портативный гаджет для измерения координат светил? Фото с интернет-сайта: www.christies.com.



Английский королевский астроном Эдмонд Галлей, открывший движение звезд. Портрет художника Томаса Мюррея, 1687 г.

о неподвижности звезд – наверное, не хватило смелости...

Но зато ее хватило королевскому астроному Гринвичской обсерватории Эдмонду Галлею (1656–1742; Земля и Вселенная, 1982, № 4): сравнивая положения звезд из каталога Птолемея с данными, полученными его современниками, он обнаружил, что для трех ярких звезд Северного полушария – Арктура, Сириуса и Альдебарана – остаются, за вычетом всех поправок, разности в положениях. В 1718 г. Э. Галлей сделал однозначный вывод о том, что звезды имеют собственное движение.

За следующие полвека собственные движения были измерены всего у 14 звезд. Но даже эти малочисленные измерения оченьгодились английскому астроному Вильяму Гершелю (1738–1822; Земля и Вселенная, 2008, № 6), который сообразил, что движение Солнца должно “отражаться” на видимых смещениях звезд, и нашел точку, куда направлено движение Солнца, – положение апекса вблизи звезды λ Her.

С изобретением фотографии во второй половине XIX в. положение дел



“Ковш” Большой Медведицы: а – 50 тыс. лет назад; б – сейчас; в – через 50 тыс. лет; г – через 100 тыс. лет. Эволюция узоров созвездий наглядно демонстрирует собственное движение звезд. Но вековые изменения положений звезд столь незначительны, что человечество на долгие тысячелетия оказалось в плену идеи о неподвижности звезд (интернет-сайт: www.pikabu.ru).

в астрометрии качественно улучшилось: определение собственных движений и относительных параллаксов звезд стало массовым. Данные по собственным движениям впервые позволили оценить тангенциальную (вдоль траектории движения) компоненту скорости звезды. Очень скоро стало возможным не только фотографирование звездного неба, Луны и Солнца, но и спектров звезд, из которых можно извлечь информацию о второй компоненте скорости, радиальной или лучевой, что одно и то же. Эта методика стала развиваться благодаря важному эффекту, открытому в 1842 г. австрийским математиком, физиком Христианом Доплером и состоявшему в том, что смещение частоты (длины) волны, излучаемой движущимся источником, зависит от лучевой скорости его движения.

С 1888 г. все обсерватории мира включились в программу систематических измерений скоростей звезд. Анализ собственных движений объектов и их пространственных скоростей позволил развивать качественно новые методы изучения строения нашей Галактики, описание которой до сих пор велось путем арифметического подсчета звезд внутри площадок, на которые разбивалась небесная сфера. Так, например, голландский астроном Якобус Каптейн обнаружил, что распределение собственных движений различных звезд не является случайным, а, наоборот, имеет хорошо выделенную структуру в виде двух звездных потоков, движущихся почти в противоположных направлениях. Выявленная асимметрия в движении звезд получила название “двух потоков” и нашло свое объяснение в 1926 г.

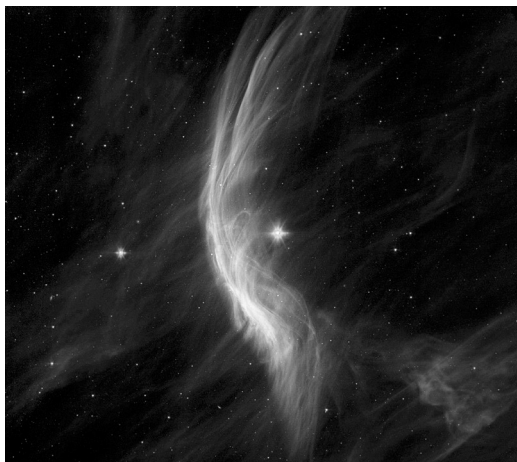
благодаря модели дифференциального вращения Галактики (каждая галактическая подсистема вращается со своей скоростью), идею которого предложил шведский астроном Бертиль Линдблад, а наблюдательное обоснование придумал нидерландский астроном Ян Оорт (1900–1992; Земля и Вселенная, 1965, № 2). Линдблад ввел две подсистемы в Галактике: медленно вращающуюся сферическую подсистему с шаровыми скоплениями и плоскую быстро вращающуюся подсистему, названную диском (куда входит Солнце, звезды в окрестности Солнца, рассеянные скопления). Ян Оорт постарался организовать наблюдения так, чтобы в результате их анализа явно проявилось бы вращение Галактики. Определяя лучевые скорости звезд в двух противоположных направлениях от Солнца вдоль плоскости Галактики, на примере О – В-звезд и цефеид Оорт показал, что зависимость лучевой скорости от расстояния имеет вид двойной волны – два максимума и два минимума. Воспроизведение волны неоспоримо доказало, что Галактика вращается! С этого момента крылатые слова Галилео Галилея “Е pur si muove!” (“И все-таки она вертится!”) можно понимать в глобальном контексте, то есть отнести ко всей нашей Галактике в целом.

Дальнейшее изучение различий звезд по их кинематическим свойствам и особенностям распределения в пространстве привело немецкого астрофизика Вальтера Бааде (1893–1960; Земля и Вселенная, 1969, № 1) к открытию различных населений нашей Галактики, звезды которых отличаются возрастом и химическим составом. К середине XX в. благодаря ряду теоретических работ С. Чандрасекара, В. Амбарцумяна и других ученых был создан “кинематический портрет” Галактики, но некоторые звезды “упорно не встраивались” в общую картину движения. Это послужило толчком, к введению термина *звезды с аномальной*

кинематикой; их природа оказалась много богаче, чем предполагалось сначала, что и потребовало отдельной классификации.

Исторически объектами первого класса здесь оказались “высокоскоростные звезды”: самые первые кандидаты в эту группу были обнаружены на рубеже XVIII–XIX вв. – звезда Лакайля 9352, звезды 61 Лебеда, Грумбридж 1830, Каптейна (VZ Живописца, HD33793) и Барнарда. Они получили поэтическое название “летающие” и оказались маломассивными звездами поздних спектральных типов, движущимися с пространственными скоростями 60–300 км/с, что в несколько раз превосходит пекулярные скорости звезд диска (~20–30 км/с). Идея Б. Линдблада о дифференциальном вращении Галактики, состоящей из различных взаимопроникающих звездных подсистем, обращающихся вокруг общего центра, хорошо подошла для объяснения природы “летающих” – имеющих высокие эксцентриситеты. Такие звезды, населяющие медленно вращающуюся подсистему (гало), пересекают галактический диск перпендикулярно его плоскости (как бы “падают” из гало в диск) и создают наблюдательный эффект мнимого быстрого движения – по сравнению с окружающими нас звездами действительно быстровращающегося диска. К ним относится и наше Солнце.

Второй класс звезд с аномальной кинематикой был выделен в 1960-е гг. и по предложению голландского физика и астронома А. Благау назван “убегающими”. В отличие от звезд первой группы, они участвуют в обратном движении – “убегают” из диска в гало. Как правило, это молодые ранние спектральных типов массивные звезды, с пространственными скоростями до 100–300 км/с. Их природа, по-видимому, связана с двумя разными сценариями: в первом рассматривается динамический выброс одной или нескольких звезд, обусловленный



Участок неба размером около 12 св. лет в созвездии Змееносца. Фронтальные дуги убегающих звезд – прямые свидетельства взрывных процессов в тесных двойных звездах. В центре – голубоватая звезда α Змееносца массой $20 M_{\odot}$. Сверху вниз простирается белая дуга – это ударная волна, созданная в межзвездном газе убегающей звездой α Змееносца. Инфракрасный снимок сделан в 2012 г. космической обсерваторией “WISE”. Фото NASA.

столкновениями в молодых рассеянных скоплениях, а также в звездных O – B-ассоциациях диска. Во втором сценарии, предложенном в 1957 г. американским астрономом Фрицем Цвикки, рассматривается распад тесной двойной системы вследствие взрыва сверхновой, в результате которого могла родиться убегающая звезда. Сегодня этот сценарий имеет многочисленные наблюдательные подтверждения в виде головных ударных волн сжатого вещества межзвездной среды, которые и вызываются убегающими звездами, получившими импульс при взрыве своего компаньона. Такие ударно-волновые “дуги” наблюдаются у нескольких десятков убегающих звезд. Важно отметить, что и высокоскоростные, и убегающие звезды – объекты, связанные с нашей Галактикой; их полная энергия (гравитационная плюс

кинетическая) строго отрицательна, то есть такие звезды не покидают пределов Галактики.

Третий класс звезд с аномальной кинематикой был выделен в 2008 г. Р. Напивацким и М. Силвой в результате анализа статистической диаграммы, построенной для 96 известных убегающих звезд. Диаграмма представляет собой распределение звезд в зависимости от их массы и скорости, рассчитанной в момент выброса. Точка выброса звезды находилась путем реконструкции траектории звезды, то есть интегрированием “назад во времени” уравнений движения. Таким образом, было выявлено 10 систем, скорости которых в реконструированной “точке выброса” составили 350–500 км/с, что превосходит галактическую “скорость освобождения” в точке их наблюдения. Объекты получили название “быстро убегающих” звезд, поскольку реконструкция направления их выброса указывала на верхние слои диска, делая их родственными убегающим звездам; а также потому, что скорость их выброса больше второй космической. Возможно, передача более мощного импульса звезде при взрыве сверхновой объясняется стадией общей оболочки, которую могла проходить звезда Вольфа–Райе вместе с обычной звездой Главной Последовательности.

Если звезды первых трех классов были сначала открыты (а потом теоретически осмыслены и интерпретированы), то объекты четвертого класса были сначала предсказаны. В 1988 г. в журнале “Nature” была опубликована статья Джека Хиллза из Лос-Аламосской национальной лаборатории, в которой рассматривался тривиальный сценарий, построенный на принципе перераспределения момента импульса в классической постановке задачи трех тел, который приводил к рождению нетривиальных объектов, получивших название “сверхскоростные звезды”. Приставка “сверх”

отражала новый, ранее не известный уровень кинематической аномальности пространственного движения звезды, достигавший около 4000 км/с по сравнению с пекулярными скоростями звезд диска (20–30 км/с).

Правда, в классической задаче трех тел рассматривался один неклассический объект – сверхмассивная черная дыра (СМЧД; Земля и Вселенная, 2010, № 1; 2016, № 5). Разгадке такого объекта были посвящены численные расчеты Дж. Хиллза. Тесная двойная система (ТДС), состоящая из пары звезд, случайно попавшая в окрестность СМЧД, может быть “разорвана” приливными силами; тогда один из ее компонентов стал бы спутником СМЧД, а другой (из-за перераспределения импульса) мог быть “выброшен” из галактического центра с высокой скоростью. Расчеты Дж. Хиллза, учитывающие варьирование пространственной ориентации трех тел, расстояние в звездной паре и прицельный параметр, показали, что существует не нулевая вероятность выброса звезды как сверхскоростной – то есть со скоростью, превышающей вторую космическую скорость для галактического центра – 750 км/с.

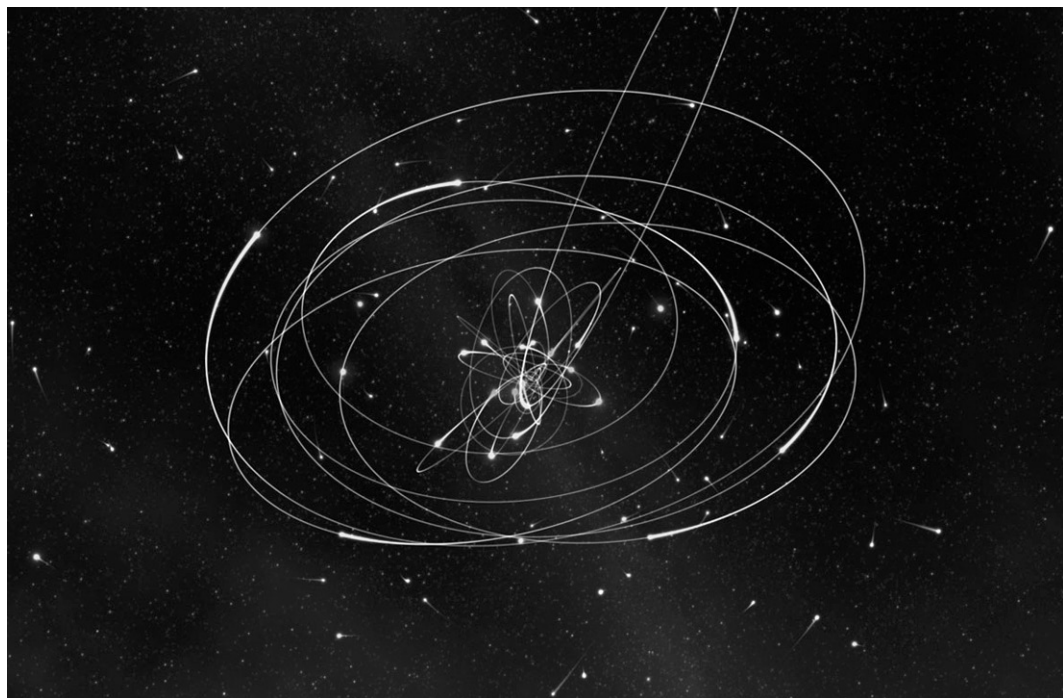
Обнаружение сверхскоростных звезд можно было бы рассматривать как одно из убедительных свидетельств в пользу существования СМЧД в нашей Галактике. Дело в том, что прогноз Дж. Хиллза был сделан за несколько лет до старта двух проектов, нацеленных на глубокий обзор звезд внутри области радиусом в одну угловую секунду с центром в Sgr A* (радиоисточник в галактическом центре) и долгосрочный мониторинг их движения.

Проект Европейской Южной Обсерватории в Ла Силлья с использованием нового 4-м технологического телескопа (позже – на VLT) начался в 1989 г., а с помощью 10-м телескопа “Кек” на Гавайях – в 1992 г. Открытие центральных звезд Галактики внутри области

размером в 1" (отсюда и название S-звезды “arcSecond”) могло бы также послужить свидетельством существования СМЧД. Результаты не заставили себя долго ждать: в 2002 г. для нескольких S-звезд были собраны и обработаны цифровые изображения высокого разрешения, полученные с использованием специальных возможностей адаптивной оптики в ближнем инфракрасном диапазоне.

Изучение траектории движения S-звезд позволило оценить их орбитальные параметры, восстановить трехмерную структуру звездных орбит и (в дополнение к спектральным данным) собрать информацию о гравитационном потенциале, в котором они движутся как пробные частицы. Гравитационный потенциал, оцененный в двух независимых проектах, указывал на массу невидимого центрального тела, вокруг которого движутся S-звезды, порядка $4,5 \times 10^6 M_{\odot}$. Что, как ни СМЧД, может “претендовать” на такую массу, заключенную в крохотном объеме, и при этом оставаться невидимой? После 2002 г. число S-звезд с хорошо определенными орбитами возросло до 28; в настоящее время продолжается мониторинг еще более 100 S-звезд.

В процессе спектрального изучения S-звезд возникла новая проблема – парадокс молодости галактического центра: поскольку здесь оказались массивные звезды (3–4 $M_{\odot}$) ранних спектральных классов (B0–B8). В 2005 г. появилось сообщение об открытии американским астрономом Уорреном Брауном и его коллегами первой сверхскоростной звезды SDSS J090745.0+024507. Эта звезда спектрального типа B9 была обнаружена на удалении (71 кпк) от галактического центра; лучевая скорость ее движения относительно центра составляла 709 км/с. По определению, звезда, скорость пространственного движения которой в несколько раз превосходит скорость “убегания” из Галактики на



Компьютерная модель S-звезд, захваченных “в плен” сверхмассивной черной дырой нашей Галактики. Видны траектории движения S-звезд. NCSA UCLA/Кеск.

данном галактоцентрическом радиусе, называется “сверхскоростной”. SDSS J090745.0+024507 была обнаружена на далекой галактической периферии, где вторая космическая скорость оценивается в 200–250 км/с. Таким образом, сверхскоростные звезды – это больше не связанные с Галактикой объекты; их полная энергия положительна.

К настоящему времени открыты два десятка сверхскоростных звезд. Их поиск осуществляется в обзорном режиме с помощью 6,5-м многозеркального телескопа MMT в США (штат Аризона). Благодаря высокоточным спектроскопическим методам сегодня известно, что сверхскоростные звезды – это быстрые ротаторы; скорость их осевого вращения может достигать 300 км/с, что косвенно указывает на их эволюционный статус – звезд Главной последовательности (область на диаграмме Герцшпрунга–Рассела). Анализ

звездных атмосфер дает возможность оценить температуры и ускорение свободного падения на их поверхности, что, в свою очередь, позволяет перейти к оценке спектрального класса (B0–B8), а также светимости звезды и выполнить оценку расстояния до нее. Затем, используя теоретические эволюционные модели, можно вычислить массы и радиусы сверхскоростных звезд ($\sim 3\text{--}4 M_{\odot}$).

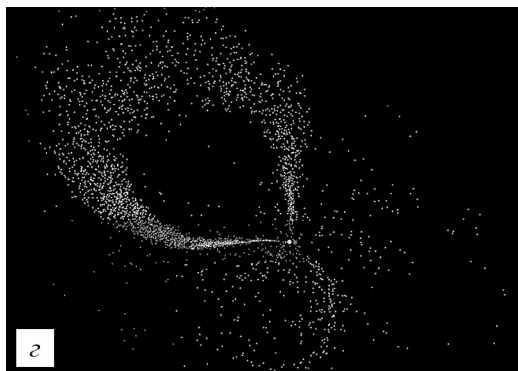
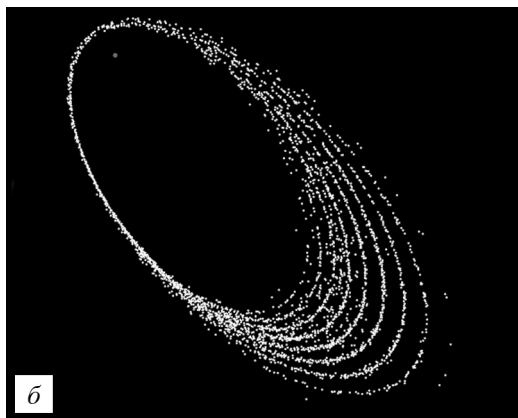
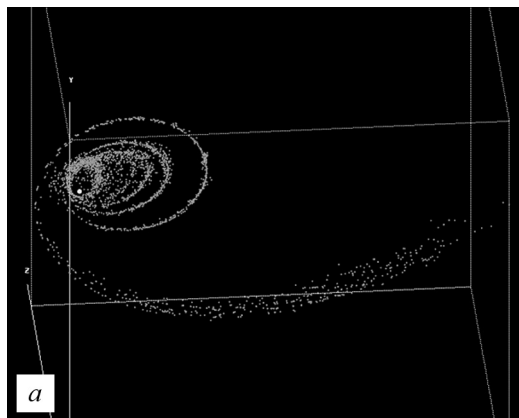
Удивительно совпадение статистики сверхскоростных звезд и S-звезд, а также сходство их спектральных характеристик и масс. (Они могли бы быть компонентами некогда одной и той же родительской двойной системы). Действительно – откуда взялись молодые массивные звезды на окраине Галактики, типичное население которой представляют старые шаровые скопления?

Таким образом, сценарий Дж. Хилза мог отчасти объяснить парадокс

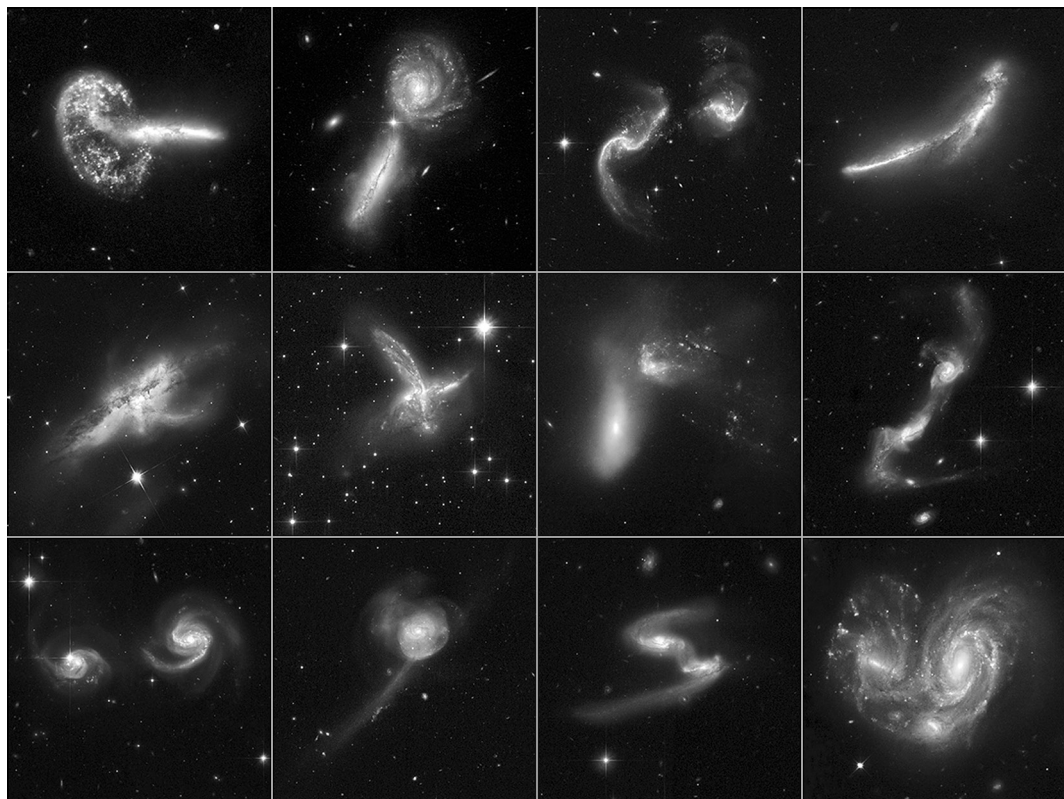
молодости звезд, как в центре Галактики, так и на ее периферии. Конечно, наиболее важный фактор парадокса молодости звезд связан с эффектом наблюдательной селекции – в первую очередь астрономы открывают самые яркие объекты.

Главная трудность в наблюдении сверхскоростных звезд – их удаленность, что создает проблему в прямом измерении их собственного движения. Вспомним хотя бы жаркую дискуссию вокруг кандидата в сверхскоростные звезды – HE0437–5437 в созвездии Золотая Рыба, открытого в 2005 г. немецким астрономом Хайнцем Эдельманом с помощью 8,2-м телескопа VLT. Скорость этого объекта оценивалась как

более 700 км/с, что указывало на время, требуемое для преодоления им расстояния от центра до места, где объект обнаружен (порядка 100 млн лет), что не соответствовало возрасту звезды. Он оценивался как порядка 20 млн лет! Полученное расхождение способствовало рождению гипотезы о внегалактическом происхождении объекта. Например, выброс из Большого Магелланова Облака мог бы “снять” противоречие с разновременностью, но для выброса “нужна” черная дыра с массой в тысячу масс Солнца, которая не имеет наблюдательных подтверждений. Поэтому вопрос о происхождении HE0437–5437 по-прежнему открыт. Привлекаются и другие сценарии:



Компьютерные модели приливного разрушения сверхскоростных звезд, имитирующие процессы, происходящие в “задаче N-тел” и описывающие звезду как структурированный объект: а – “спираль”, б – “ожерелье”, в – “сигара”, г – “веер”. Рисунки авторов.



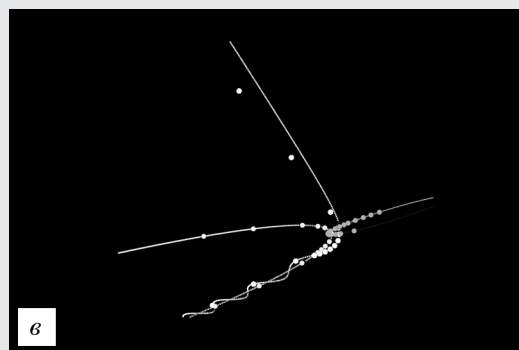
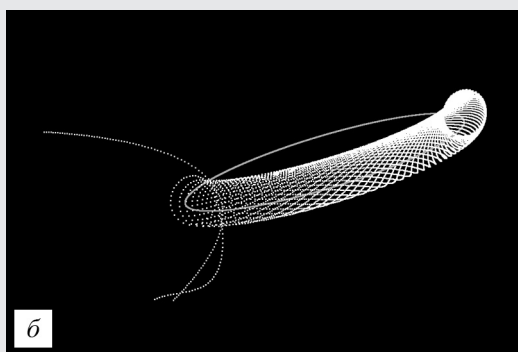
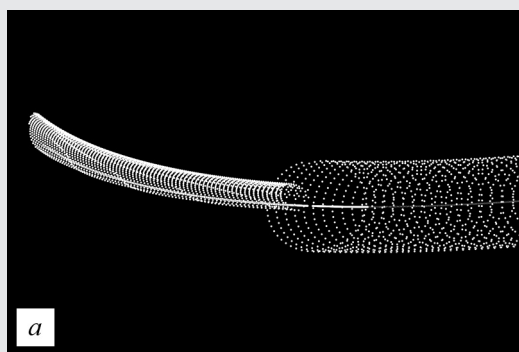
Сливающиеся и взаимодействующие галактики. В их центральных частях содержатся сверхмассивные черные дыры. Снимки получены в 2008 г. с помощью Космического телескопа Хаббла (www.skyimagerlab.com). Фото NASA.

например, с выбросом двойной сверхскоростной звезды, компоненты которой “по пути” “сливаются” в одиночную массивную звезду.

Основная проблема в изучении сверхскоростных звезд – это прямые измерения их собственных движений. Для более чем половины всех известных сегодня сверхскоростных звезд невозможно измерить собственное движение наземными средствами. Мы испытываем те же трудности, что во времена Э. Галлея, только тогда это касалось звезд солнечной окрестности, а теперь – самых удаленных звезд нашей Галактики. По данным европейской космической обсерватории “Гайя” (“GAIA”, Global Astrometric Interferometer for Astrophysics – глобальный астроме-

трический интерферометр для астрофизических исследований; запущена 19 декабря 2013 г.), уже сейчас создаются тестовые каталоги с указанием координат и направлением движения около миллиарда звезд с точностью до 10^{-4} угловой секунды в год (Земля и Вселенная, 2014, № 3). Такие измерения помогут выяснить, откуда выброшены сверхскоростные звезды: из центра или из диска нашей Галактики, а, может, вообще из других галактик?

За 12 лет непрерывного изучения сверхскоростных звезд были смоделированы десятки всевозможных сценариев, объясняющих их рождение. Наибольший кинетический ресурс достигался в сценариях “с участием черных дыр”, массы которых

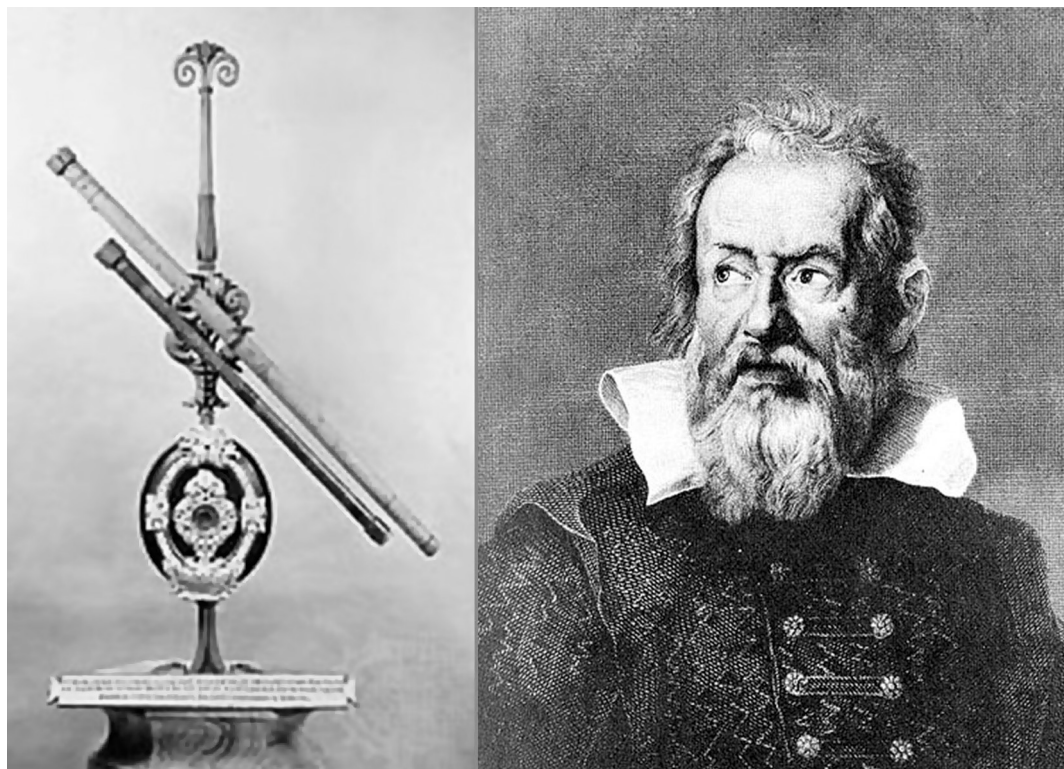


Компьютерные модели орбитальных “историй” звезд в перекрестном поле двух сверхмассивных черных дыр: а – сохранение стабильной орбиты вокруг родительской СМЧД, б – динамический перехват звезды с орбиты вокруг родительской СМЧД на орбиту вокруг центральной СМУД, в – выброс сверхскоростной звезды. Рисунки авторов.

варьировались в широком диапазоне – от звездных до миллиардов солнечных. Но в первом варианте требовалась плотная “заселенность” галактического центра, тогда как современные наблюдения показывают, что галактический центр внутри области радиусом 1 мпк (0,00326 св. лет) пуст. Во втором варианте возникало “ограничение” на массу СМЧД. Казалось бы – чем больше масса СМЧД, тем дальше от нее проходит граница приливного радиуса, обозначающая то безопасное расстояние, на котором звезда, избегая разрушений, может получить максимальное ускорение при выбросе. Но у черной дыры есть собственный размер, который с ростом массы СМЧД начинает превосходить размеры приливного радиуса: в таких обстоятельствах звезда просто будет “проглочена” СМЧД.

Так что сценарий Дж. Хиллза для объяснения феномена сверхскоростных звезд оказался самым реалистичным. В его рамках уже получены ответы на интригующие вопросы: какова максимально возможная скорость выброса звезды, способны ли “широкие” звездные пары (расстояние между ними в сотни раз превосходит их размеры) рождать сверхскоростные звезды; при каком минимально возможном сближении с черной дырой звезда выживает, избегая приливного разрушения?

Ответы на эти вопросы мы получили, выйдя за рамки “задачи трех тел”. Звезды рассматривались как структурированные объекты, состоящие из большого числа элементов. Такой подход известен как “задача N-тел”, в рамках которого была оценена вероятность рождения сверхскоростной звезды: одной за 700 тыс. лет. В нашей



От телескопа Галилея... до телескопа "WFIRST". Рисунок с интернет-сайта: astronet.ru.

Галактике таких звезд чуть больше сотни, поскольку через каждые 100 млн лет сверхскоростные достигают границы Галактики и устремляются дальше, в межгалактическое путешествие, "прячась" в глубинах космоса от любопытствующего наблюдателя.

Поиск альтернативных сценариев, объясняющих происхождение сверхскоростных звезд, привел к заключению о возможном существовании звезд с релятивистскими скоростями. До недавнего времени обладателями таких скоростей считались объекты микромира: фотоны, нейтрино, релятивистские электроны и т.д.

Впервые такая идея была высказана в 2008 г. профессором А.В. Тутуковым, а уже в 2015 г. появилось ее подтверждение, полученное американскими учеными Джеймсом Гилошоном

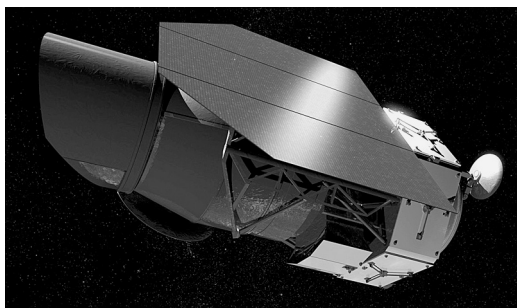
и Абрахамом Лоебом. Оставаясь в сценарии Хиллза – "захвата двойной системы", проходящей по почти параболической орбите вблизи центральной СМЧД – Д. Гилошон и А. Лоеб произвели замену одного из звездных компонентов на еще одну СМЧД, менее массивную. Такой сценарий надежно обоснован многочисленными наблюдаемыми примерами сливающихся галактик, а вместе с ними и их центральных частей, населенных СМЧД.

Кинетический ресурс в модифицированном сценарии Дж. Хиллза может обеспечить выбросы звезд из окрестности сливающихся галактик со скоростями порядка релятивистских. Расчеты Д. Гилошона и А. Лоеба, проведенные в постановке задачи трех тел, не учитывающей размеров звезд, показали, что менее чем в 1% случаев

может реализоваться выброс звезды со скоростью порядка трети от скорости света. Вероятно, скорость может быть еще больше – до половины скорости света и даже выше – если речь пойдет о выбросе нейтронных звезд или белых карликов.

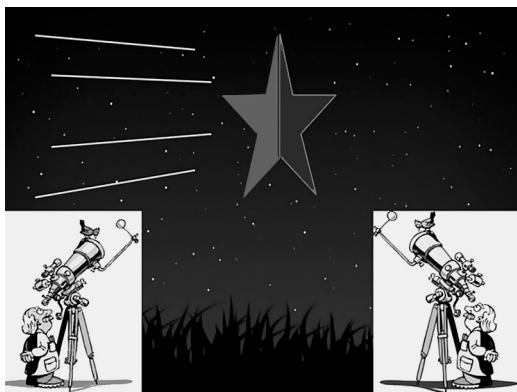
И вновь потребовалась методика “N-тел”, представляющая своего рода “лупу”, которая дает нам возможность разглядеть разрушительные последствия релятивистского выброса звезды, возникающие при близком прохождении ее родительской двойной системы к СМЧД. Предельное ускорение, которое звезда испытывает при максимальном сближении с СМЧД (в перигеетре) не должно быть больше ускорения свободного падения на ее (звезде) поверхности – вот надежный критерий “выживаемости” звезды. Очень малое время, которое “звезда проводит” в перигеетре СМЧД, позволяет ей уцелеть даже при некотором нарушении границы приливного радиуса. Звезда как бы “подныривает” под приливную волну на очень короткое время, получая максимальный разгон, и уносится с небольшими потерями массы, сохранив при этом свою структурную целостность и приобретая релятивистскую скорость. Вы скажете: “Звездный серфинг!”. Нет, так действует приливная гравитация, и попытка ее прямого учета сокращает в десятки раз и без того всего один процент успешных случаев генерации релятивистских выбросов, предсказываемых в “модели трех тел” как минимум в десятки раз.

Что и говорить, события рождения сверхскоростных звезд описываются законами малой статистики, а вероятность рождения звезды с релятивистской скоростью – непостижимо мала. Попытки оценить ее, учитывая статистику галактических скоплений, а также звездное население типичных галактик, “участвующее” в сценарии Хиллза, оказываются неутешительными – возможно несколько



Космическая инфракрасная обсерватория “WFIRST”. Запуск запланирован на середину 2020-х гг. Возможно, с помощью этого телескопа будут открыты звезды с релятивистскими скоростями. Рисунок NASA.

релятивистских звезд за всю историю Вселенной. Это далеко не окончательные выводы, ведь мы еще многого не знаем: возможно, есть и другие механизмы, генерирующие рождение релятивистских звезд, которые мы еще просто не учли. Вероятно, уже в скором времени появится новый, пятый класс звезд с аномальной релятивистской кинематикой; его сегодня пока прогнозируют – как и 20 лет назад предсказывали существование сверхскоростных звезд; а будущие космические инфракрасные обсерватории “WFIRST” (Wide Field Infrared Survey Telescope – инфракрасный телескоп



Коллаж автора на тему: “звезды с релятивистскими скоростями...”.

с широким полем обзора неба (NASA; запуск намечен на середину 2020-х гг.) и “Евклид” (“Euclid”; ESA, NASA; запуск – в 2020 г.) смогут их обнаружить.

Было бы интересно, если бы релятивистская звезда смогла образовать вокруг себя планетарную систему, да еще с развитой цивилизацией на одной из ее

планет... Что бы увидели инопланетяне со своей планеты? – Согласно принципу относительности, сами бы они не замечали высокой скорости своей планеты, но зато все остальные звезды классифицировали бы как релятивистские, изрекая: “Этот безумный, безумный, безумный, мир”.

Информация

Пыльные Плеяды

На впечатляющей фотографии (см. 3-ю стр. обложки, сверху), полученной в конце 2017 г. Хуаном Карлосом Касадо (Испания), представлено знаменитое звездное скопление Плеяды – астеризм в созвездии Тельца (M45; 440 св. лет от нас). Оно медленно

разрушает пролетающее мимо молодое газопылевое облако, которое, скорее всего, является частью пояса Гулда – необычного кольца из областей звездообразования, расположенного вокруг Солнца, в местной части нашей Галактики. В течение последних 100 тыс. лет часть пояса Гулда движется сквозь более старое скопление Плеяд, вызывая бурные реакции между звездами и пылью. Световое давление от излучения звезд “отталкивает” пыль, находящуюся в небольшой

голубоватой отражательной туманности вокруг скопления; причем более мелкие частицы пыли разлетаются быстрее. В результате некоторые части газопылевого облака приобрели форму волокон и расслоились. На снимке внизу слева видна также комета C/2015 ER₆₁ (PanSTARRS). Она 4 апреля 2017 г. достигла точки максимального сближения с Землей – 1,42 а.е., а ее блеск увеличился до 14,8^m.

*По материалам
интернет-сайта
“Астронет”,
14 ноября 2017 г.*

Туманность Вуаль

Снимок Туманности Вуаль (известной также как Петля в Лебеде; находится на расстоянии в 1500 св. лет от нас) получен 12 ноября 2017 г. астрономом Сарой Мегер (см. 4-ю стр. обложки); он охватывает область неба около 20 св. лет. Фотография сделана с экспозицией 3 ч 30 мин в искусственных цветах: крас-

ным обозначен ионизованный водород H_α, голубым и зеленым – молекулы ионизованного O III. На фото хаотически расположились волокна газа, они светятся под действием ударных волн.

Туманность Вуаль (открыта 5 сентября 1784 г. В. Гершелем) – это большой остаток сверхновой, образовавшейся после взрыва массивной звезды; вероятно, свет от ее вспышки достиг Земли более 5 тыс. лет назад. В результате взрыва возникли ударные волны, распространяющиеся по окружающему простран-

ству, “сгребая” и “возбуждая” межзвездное вещество. Светящийся комплекс волокон на самом деле больше похож на длинные волны, его часто называют Треугольником Пикеринга (NGC6979) – назван так в честь директора обсерватории Гарвардского колледжа; его открыла, однако, в 1904 г. астроном Вильямина Флеминг, поэтому его можно назвать Волоконным треугольником Флеминг.

*По материалам
интернет-сайта
“Астронет”,
10 ноября 2017 г.*

Форум, посвященный 60-летию запуска первого ИСЗ

3–4 октября 2017 г. в ИКИ РАН прошел международный форум “Спутник: 60 лет по дороге открытий”. В его рамках прошла конференция, посвященная анализу того, что изменилось в нашем понимании Земли, Солнечной системы, Вселенной и в происходящих в ней процессах, за 60 лет космической эры. В ходе Конференции была представлена эволюция идей, о которых говорилось на Международном форуме “Космос: наука и проблемы XXI века”, который был посвящен 50-летию космической эры (1–5 октября 2007 г.; Земля и Вселенная, 2008, № 2). На Конференции выступили ведущие ученые – представители научных организаций России и других стран с 11-ю обзорными докладами по основным направлениям современной космической науки.

Участников Конференции приветствовали: заместитель председателя Правительства Российской Федерации А.В. Двор-



Постер Международного форума “Спутник: 60 лет по дороге открытий”.

кович, генеральный директор Государственной корпорации по космической

деятельности “Роскосмос” И.А. Комаров, президент Российской академии наук,



Академик Л.М. Зелёный своим докладом открывает работу конференции.

директор Института прикладной физики РАН академик А.М. Сергеев, специальный представитель Президента РФ по международному культурному сотрудничеству М.Е. Швыдкой, первый заместитель руководителя Федерального агентства научных организаций РФ А.М. Медведев. Обращение заместителя Министра образования и науки Российской Федерации академика Г.В. Трубникова к гостям зачитала секретарь форума О.В. Закутняя. Видеообращением поприветствовал гостей президент международного Комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР) Леннард Фиск.

Свой вводный доклад "Спутник: 60 лет по до-

роге открытий" директор ИКИ РАН академик Л.М.Зелёный посвятил истории запуска первого искусственного спутника Земли в контексте политической и идеологической ситуации в СССР и значению этого события в мировом масштабе. Кроме того, он коротко затронул темы, которые потом были подробно раскрыты в отдельных выступлениях докладчиков.

Главный научный сотрудник Международного центра космических исследований Швейцарии профессор Роже-Морис Боннэ (Франция) выступил с докладом "Солнечная физика: космическая революция", в котором он представил эволюцию наблюдений Солнца – начиная от измерений, ко-

торые были проведены первыми космическими аппаратами, и заканчивая проектами, давшими человечеству представления о светиле; которыми мы владеем по сей день. Ученый также представил некоторые перспективные проекты и обозначил основные направления в современных исследованиях Солнца, объектом которых становится уже не только звезда сама по себе, но и процессы, происходящие внутри и на ее поверхности; он рассказал об их влиянии как на Солнечную систему в целом, так и жизнь на Земле.

Исследованию солнечно-земных связей посвятил свой доклад "Космическая погода: история и современное состояние исследований" директор Национального центра космических исследований Китайской академии наук профессор Джи Ву. Он коснулся истории на-



Выступает профессор Р.-М. Боннэ (Франция).

блюдений солнечной активности, влияния солнечного излучения на процессы, происходящие на Земле.

Заведующий Лабораторией теоретической астрофизики Отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН, директор Института астрофизики Общества им. Макса Планка (Германия), академик Р.А. Сюняев выступил с докладом “Обзоры неба в рентгеновских и микроволновых лучах в интересах космологии: соревнование и синергия”. Всемирно известный ученый рассказал о скоплениях галактик, об изотропном реликтовом излучении, заполняющем всю Вселенную, об открытии нескольких тысяч ранее неизвестных массивных скоплений галактик, об использовании этих скоплений для решения задач космологии; о планируемом запуске российской космической рентгеновской обсерватории “Спектр-РГ” с уникальным немецким телескопом косого падения “eRosita” (диапазон – 0,3–10 кэВ, поле зрения – 1° , угловое разрешение – $15''$, эффективная площадь – 2400 см^2) и российским телескопом “ART-XC” (диапазон – 6–30 кэВ, поле зрения – $0,3^\circ$, угловое разрешение – $45''$, эффективная площадь – 450 см^2). Рашид Алиевич сравнил возможности телескопов “Спектр-РГ” с рентгеновскими приборами преды-



Академик Р.А. Сюняев рассказывает о новых горизонтах открытий в космологии; они расширятся в результате запуска российской космической обсерватории “Спектр-РГ”.

дущих космических обсерваторий. Обсерватория “Спектр-РГ” способна обнаружить все скопления галактик (около 150 тыс.) в наблюдаемой Вселенной.

С докладом о бесстолкновительных ударных волнах в космосе выступил Михаил Мальков (Университет калифорнии; соавтор – Чарльз Кеннелл). Бесстолкновительная ударная волна – распространяющаяся в разреженной плазме со сверхзвуковой скоростью переходная область, в которой происходит скачкообразное изменение параметров. Открытие таких областей принадлежит академику и второму директору ИКИ РАН – академику Р.З. Сагдееву.

Директор НИИЯФ МГУ им. Д.В. Скобельцина, доктор физико-математических наук М.И. Панасюк в докладе “Радиация в космосе: драматический успех первооткрывателей” рассказал об историческом соревновании за первенство открытия радиационных поясов Земли между академиком С.Н. Верновым и Дж. ван Алленом, проводившими исследования на втором советском ИСЗ и американском спутнике “Эксплорер-1”, а также о перспективах исследований этого направления.

С докладом “Астрофизика, космология, разум с космическими телескопами и интерферометрами “Радиоастрон” и “Миллиметрон”” выступил директор астрокосмического центра ФИАН им. П.Н. Лебедева, академик Н.И. Кар-



Академик Н.И. Кардашёв рассказывает о новом проекте космической обсерватории “Миллиметрон”.



*Профессор Джеймс Грин
(Великобритания).*

дашёв. Он сообщил о том, что новая обсерватория “Миллиметрон” миллиметрового и инфракрасного диапазонов (20 мкм – 17 мм) с криогенным телескопом диаметром 10 м сможет выполнить революционные исследования в понимании структуры и свойствах Вселенной. “Миллиметрон” в составе наземно-космического интерферометра позволит достичь рекордно высокого углового разрешения, которое необходимо для изучения очень компактных астрофизических объектов – черных дыр, пульсаров и мазеров. В программу ее работы включены наблюдения по 30-ти и более направлениям, посвященным изучению разнообразных небесных объектов, которые помогут решению вопросов в области космологии.

С докладом “Солнечная система – межзвезд-

ная среда: прошлые и новые открытия” выступила директор исследований Французского национального агентства научных исследований (ANR) доктор Розина Лаллеман. В 2016 г. она была избрана иностранным членом Российской академии наук, на открытии форума президент РАН академик А.М. Сергеев вручил ей почетный диплом.

Профессор Джеймс Грин, руководитель планетологического отделения NASA, в докладе “Планеты и их спутники: результаты исследований” рассказал о том, что за 60 лет космической эры человечество узнало о Солнечной системе, а также представил перспективы направления изучения Луны и планет в будущем. Ученый подробно остановился на полученных результатах исследований с помощью АМС “Вояджер”, “Галилео”, “Мессенджер”, “Кассини” и “Новые горизонты”.

С докладом “Геологическая эволюция планет земного типа: 60 лет исследований” выступила научный сотрудник Отдела исследований Земли и планет Университета Брауна (США) Карла Питерс.

Заместитель директора ИКИ РАН, заведующий отделом, доктор физико-математических наук Е.А. Лупян в своем выступлении на тему “О системах и технологиях

дистанционного зондирования Земли из космоса” напомнил о том, что это направление исследования появилось одним из первых – когда в небо поднялась первая немецкая ракета “Фау-2” с фотоаппаратом на борту. Он рассказал о том, что в настоящее время в мире активно развиваются системы мониторинга различных процессов, происходящих на Земле: лесных пожаров, состояния посевов, извержений вулканов, загрязнения акваторий и др.

Собственные базы спутниковых данных имеет и ИКИ РАН, для работы над ними сотрудниками Отдела технологий спутникового мониторинга были созданы различные инструменты, которые позволяют с помощью удаленного сервера, не имея специальных технических средств и громоздкого программного обеспечения, работать с большим количеством спутниковых данных на персональном компьютере.

Жерар Муру (Франция), Тоши Эбисузаки (Япония), Марко Касолино (Италия) и Александр Сергеев (Россия) посвятили свой доклад проблеме космического мусора, по мере развития космонавтики, она становится все более актуальной. Международный коллектив ученых, в который входят и российские специалисты (в том числе президент РАН академик А.М. Сергеев),



Фрагмент экспозиции выставки “Первый в мире – наш советский” в ИКИ РАН.

разработал методику устранения фрагментов космического мусора с помощью лазера.

Эволюции развития космической медицины, начало которой было положено запусками космических аппаратов, впервые отправивших в космос живых существ, был посвящен заключительный доклад на форуме – “Космическая медицина: дорогой, открытой спутником” директора Института медико-биологических проблем РАН академика О.И. Орлова.

3 октября в выставочном зале ИКИ РАН была также открыта историко-документальная выставка “Первый в мире – наш советский”, где представлены документы и

материалы о первом ИСЗ. Организаторы выставки – Российский государственный архив научно-технической документации, Научно-учебный корпус “Специальное машиностроение”, при участии Архива Президента Российской Федерации.

5 октября в Санкт-Петербурге участники форума посетили Музей космонавтики и ракетной техники им. академика В.П. Глушко в Петропавловской крепости и Политехнический университет им. Петра Великого.

5–6 октября в Санкт-Петербургском Политехническом университете в рамках форума состоялся Международный симпозиум “Исследование

Луны, планет и малых тел Солнечной системы с помощью космических аппаратов”, на котором с докладом о манипуляторе, разработанном в ИКИ РАН для будущих лунных миссий, выступил научный сотрудник Отдела физики космической плазмы ИКИ РАН Андрей Киселёв, а также гость московского форума доктор Карла Питерс (США).

7 октября в ИКИ РАН прошел День открытых дверей для студентов и школьников старших классов. По традиции для слушателей были прочитаны научно-популярные лекции. Так, например, Главный научный сотрудник Отдела спутниковых технологий ИКИ РАН док-

тор физико-математических наук С.А. Пулинец в своем выступлении рассказал о возможностях прогнозирования землетрясений из космоса; лекция заведующего лабораторией криоастробиологии Петербургского университета ядерной физики им. Б.П. Константинова, кандидата биологических наук С.А. Булата была по-

священа поискам “внеземной” жизни в водах сокрытого подо льдами Антарктиды озера Восток (Земля и Вселенная, 2017, № 2).

9–13 октября в ИКИ РАН прошел очередной, 8-й Московский международный симпозиум по исследованиям Солнечной системы.

На Конференции и сессиях форума, прошедших

в восьми институтах, деятельность которых связана с исследованием Вселенной, было представлено подавляющее большинство направлений развития современной космической науки.

Статья подготовлена редакцией

(по материалам ИКИ РАН)

Фото С.А. Герасютина

Информация

Планы испытаний американских ракеты и корабля

NASA представило проект новой сверхтяжелой ракеты-носителя “Space Launch System” (“SLS”), которая в 2020 г. должна будет осуществить первый беспилотный испытательный полет КК “Орион” (“Orion”); Земля и Вселенная, 2015, № 3, с. 106–108); она станет основной для регулярных полетов экипажей к Луне, а затем и первого пилотируемого полета на Марс.

Сейчас корабль “Орион” проходит наземные испытания: его системы пройдут проверку на Международной космической станции, а затем – в беспилотных космических полетах. Первый пилотируемый полет кора-



Сверхтяжелая РН “Space Launch System” на стартовом комплексе № 39 Космического центра им. Дж. Кеннеди. Рисунок NASA.

бля “Орион” состоится не ранее 2023 г.

Напомним, что двухступенчатая РН “SLS” высотой 102,3 м, диаметром 8,4 м и массой 2700 т сможет вы-

водить груз массой 70–130 т на низкую околоземную орбиту. Предполагается, что первая ступень ракеты будет оснащена твердотопливными ускорителями и маршевыми водородно-кислородными двигателями RS-25D от многоразовой транспортной системы “Спейс Шаттл”, вторая – двигателями J-2X, разработанными для отмененного проекта “Созвездие”. Ракета будет выводить в космос пилотируемый корабль “Орион” диаметром 5,3 м и массой 25 т, он сможет взять на борт экипаж из 6 астронавтов (в экспедициях на Луну планируется отправлять по 4 астронавта). Корабль “Орион” должен будет обеспечить доставку людей на Луну, в соответствии с программой длительного пребывания на ней, с тем, чтобы в дальнейшем можно было на этой основе готовить марсианскую экспедицию.

*Пресс-релиз NASA,
8 ноября 2017 г.*

Четвертая молодежная школа “Космическая наука”

28–30 августа 2017 г. в Казанском Федеральном университете состоялась 4-я Молодежная школа-конференция “Космическая наука”, приуроченная к 60-летию запуска первого в мире – советского искусственного спутника Земли. Функции Председателя научного Оргкоми-

тета конференции были возложены на доктора физико-математических наук Н.Н. Самуся. С приветственными словами к участникам конференции выступили академик РАН А.А. Старобинский и председатель Союза ветеранов космических войск генерал-лейтенант И.И. Ку-

ринной. По сравнению с предыдущей школой-конференцией (2016 г.), “география” участников школы намного расширилась, охватив не только весь Татарстан, но и регионы Поволжья: Нижний Новгород, Ижевск, Нижнекамск, Киров, Набережные Челны, Тольятти.



На открытии Молодежной школы-конференции “Космическая наука”. КФУ, 28 августа 2017 г.



Участники Молодежной школы-конференции “Космическая наука”, 28 августа 2017 г.

В Казань прибыли также школьники и педагоги из Москвы и Московской области (Лыткарино и Шатура), Новосибирска, Челябинска; молодые астрономы из Пулковской обсерватории ГАО РАН и воспитанники астроклуба “Антарес” при Дворце школьников им. М.М. Катаева г. Павлодара (Казахстан). В работе Школы приняли участие около 150 человек, из них более 30 – учителя и педагоги.

Кафедра астрономии и космической геодезии и Астрономическая обсерватория им. В.П. Энгельгардта (АОЭ) Казанского Федерального университета (КФУ) многие десятилетия являются региональным центром подготовки будущих астрономов и распространения знаний в области астрономии. Многие выпуск-

ники кафедры астрономии успешно работают в ведущих обсерваториях и астрономических институтах России (например, САО РАН) и мира, преподают в школах и занимаются подготовкой будущих специалистов в центрах дополнительного образования не только Казани и Республики Татарстан, но и в соседних регионах. Высокий уровень научных исследований в Казанском университете в области астрономии, полученных во второй половине XX в., поддерживают новые поколения молодых астрономов (в частности, они развивают проект 1,5-м российско-турецкого телескопа РТТ-150).

Необходимость популяризации астрономии и привлечения молодежи к изучению астрономи-

ческой науки требует организации научно-практических конференций и молодежных школ; здесь дети представляют свои исследовательские проекты и слушают лекции ведущих астрономов страны. В частности, начиная с 1980 года в Поволжском регионе для школьников проводится научная конференция имени Н.И. Лобачевского. На ней учащиеся 8–10 классов представляют свои исследовательские работы в областях естественнонаучных и гуманитарных знаний соответствующих основным направлениям КФУ. Например, в секции Физики старшеклассники ежегодно выступают с докладами на астрономическую тематику.

По традиции, лекции участникам нынешней

Школы прочитали известные ученые, популяризаторы науки и специалисты в области астрономии и космических исследований из ГАИШ МГУ, САО РАН, Института астрономии РАН, из “Роскосмоса”, Нижегородского планетария. Поэтому темы лекций Школы “Космическая наука” были разнообразны – от проблемы астероидной опасности до современных космологических представлений; в научной программе прозвучали несколько лекций по внегалактической астрономии. Среди астрономов Казани нет узких специалистов в этой области, поэтому приезд в город ведущих исследователей галактик стал настоящим событием.

28 августа, после официального открытия Молодежной школы директором Института физики КФУ С.И. Никитиным, заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии КФУ член-корреспондент АН РТ И.Ф. Бикмаев рассказал присутствующим об основных результатах астрономических наблюдений на Российско-Турецком телескопе. К примеру, в журнале “Astronomy and Astrophysics” недавно опубликована научная статья об открытии на РТТ-150 экзопланеты у К-гиганта, в изучении которой (вместе с коллегами из Турции и Японии) участвовали пять астрономов КФУ; с российской стороны руководителем исследовательского проекта является

И.Ф. Бикмаев. Таким образом, открытие внесолнечной планеты впервые сделано с помощью российского телескопа!

В научной программе первого дня конференции прозвучал рассказ почетного члена Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, заслуженного строителя и испытателя космической техники, научного сотрудника кафедры астрономии и космической геодезии КФУ У.Н. Закирова о вкладе конструкторской группы М.К. Тихонравова в создание первого советского ИСЗ; доктор физико-математических наук Л.В. Рыхлова (ИНАСАН) выступила с докладом, посвященным 60-летию запуска первого искусственного спутника Земли; кандидат физико-математических наук Д.И. Макаров (САО РАН) в своей презентации пред-

ставил юным участникам Школы потрясающую воображение картину разнообразия мира галактик.

Педагоги и учителя побывали на экскурсии в Центре аэрокосмического образования (лицей № 35 г. Казани), расположенном в молодом и современном городском жилом комплексе на южной окраине города. Система обучения детей здесь базируется на лучших традициях лицейского образования – ребята приобретают знания не только по естественно-научным предметам, авиамоделированию, но и учатся игре на гитаре, занимаются лепкой. Продумана (и работает) воспитательная система: организован отряд космических разведчиков – хорошая замена пионерскому движению, чего так не хватает в современной школе. “Разведчики” постоянно при-



Дискуссия доктора физико-математических наук Л.В. Рыхловой (ИНАСАН, Москва) с юным любителем астрономии Платоном Качалиным (справа), 29 августа 2017 г.



Педагоги на экскурсии в Центре аэрокосмического образования (лицей № 35 г. Казани). 28 августа 2017 г.

нимают участие в различных мероприятиях астрономического и космического плана, встречаются с космонавтами, слушают лекции ученых, ходят в походы. Для астрономических наблюдений школа оснащена несколькими современными телескопами: удачное расположение лицея позволяет наблюдать южную часть Северного полушария неба, так как основная "засветка" от миллионного города остается с северной стороны. Школьная лаборатория оснащена двумя 3D принтерами, с помощью которых школьники изготавливают детали для небольших самодельных телескопов. Вызывает уважение организованная педагогами исследовательская деятельность школьников, к примеру, сейчас на Международной космической станции проводится пред-

ложенный лицейстами эксперимент. По окончании встречи учителям был выдан сертификат, подтверждающий окончание курсов повышения квалификации.

На следующий день, 29 августа, юные участники Молодежной школы в Институте физики КФУ продолжили слушать лекции. Ю.П. Кулешов (ОАО Корпорация "Комета") рассказал о новом космическом комплексе "Небосвод", предназначенном для обнаружения и определения параметров движения опасных для Земли астероидов и комет. Доктор физико-математических наук О.К. Сильченко (ГАИШ МГУ) познакомила участников Школы с существующими в настоящее время в астрономии проблемами построения теории происхождения и эволюции галактик. Оказалось,

что на больших красных смещениях ($z > 2$) морфология галактик отличается от известной нам по классификации Хаббла. Председатель Союза ветеранов космических войск генерал-лейтенант И.И. Куринной продемонстрировал школьникам фильм о Юрии Гагарине и ответил на вопросы о современной роли отечественной космонавтики в получении новых научных знаний. После обеденного перерыва наибольший интерес вызвал доклад В.Г. Нагнибеды (СПбГУ) о разнообразных проявлениях активности Солнца и влиянии их на Землю.

Участники конференции с интересом послушали выступления мэтра казанской астрономии, академика АН РТ Н.А. Сахибуллина, который в своем рассказе сумел погрузить слушателей в глубь времени, к истокам астрономии в КФУ. Вечером программа продолжилась экскурсией в Астрономическую обсерваторию им. В.П. Энгельгардта (Земля и Вселенная, 2009, № 1; 2014, № 5). Благодаря усилиям сотрудников и администрации КФУ территория обсерватории заметно облагородилась: внутри главного здания организован прекрасный астрономический музей, а в павильоне с уникальным меридиональным кругом сохранилось даже настоящее кресло наблюдателя, на котором могли посидеть все желающие! В недавно открытом Пла-



На семинаре для учителей астрономии Республики Татарстан, 29 августа 2017 г.

нетарии для участников был организован сеанс демонстрации звездного неба, потрясший всех своей детализацией. Несомненно, Планетарий с Обсерваторией становится одним из центров притяжения культурной жизни Казани.

29 августа, параллельно с работой Молодежной школы, состоялся методический семинар для учителей Республики Татарстан по вопросам преподавания астрономии в школе, организованный Оргкомитетом школы-конференции совместно с Министерством образования и науки Республики Татарстан. В семинаре приняли уча-

стие более 200 учителей физики и астрономии из различных городов и районов Татарстана. Интерес к мероприятию со стороны педагогов вполне объясним: ведь с 1 сентября 2017 г. астрономия как учебный предмет вернулась в российские школы. Первым перед педагогами выступил известный популяризатор науки доцент ГАИШ МГУ Владимир Сурдин – один из разработчиков новых учебных пособий по астрономии. Он рассказал о роли астрономии в познании и развитии других наук. Председатель правления Ассоциации планетариев России З.П. Ситкова (Нижегородский планетарий)

представила сообщение об использовании возможностей современных планетариев в школьной программе по астрономии; она предложила организовать Ассоциацию учителей астрономии Татарстана. Профессор Ю.А. Нефедьев сообщил о подготовке в КФУ педагогических кадров по предмету “Астрономия” для школ. По его данным, за последние 10 лет было подготовлено более 3 тыс. преподавателей физики и математики, прослушавших курс астрономии.

Перед учителями выступили астрономы Казанского университета, занимающиеся организацией астрономических



Лекторы Школы-конференции “Космическая наука” на экскурсии в Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта. 28 августа 2017 г.

олимпиад. Так, доцент Г.В. Жуков поделился своим многолетним опытом работы со школьниками, занимавшимися в астрономическом кружке при кафедре астрономии и космической геодезии КФУ; они проводят научные исследования, выезжают на ежегодные летние Астрошколы на Северо-Кавказскую астрономическую станцию Казанского университета и успешно выступают на олимпиадах по астрономии различного уровня. Г.В. Жуков отметил неприятный факт, что во многих крупных городах страны при Планетариях, Музеях, Дворцах детского и юношеского творчества, в Центрах дополнительного образования существуют и активно работают кружки и центры внешкольной работы с детьми в области астрономии, тогда как в Казани (и в Татарстане),

кроме как на кафедре астрономии КФУ, других таких центров нет!

Учитель физики и астрономии ИТ-лицея при КФУ С.З. Гайнутдинова в своем выступлении обратила внимание слушателей на возможность реализации школьниками своего интеллектуального потенциала при занятиях астрономией, о необходимости и в пределах курса физики давать учащимся достаточно материала из курса астрономии, а также представила примеры достижений своих учеников.

В последний день Школы-конференции выступил доктор физико-математических наук Н.Н. Самусь (ИНАСАН) с докладом “Переменные звезды – взгляд с Земли и из космоса”. Он рассказал об открытиях различных переменных звезд с совершенно необычными свойствами, многие из них сделаны с использованием новейших

технологий и космических аппаратов. Заведующий кафедрой теории относительности и гравитации Института физики КФУ профессор С.В. Сушков рассказал о научных работах в области геометрии ректора Казанского университета Н.И. Лобачевского и о современных открытиях в космологии и астрофизике. И.С. Хрыкин (ЮФУ) в своей лекции предложил школьникам мысленно представить процесс образования Вселенной, подробно описав, как профессиональные астрономы создают модели этого процесса. В заключении выступил профессор Л.В. Десинов (Институт географии РАН) с докладом “Мониторинг земной поверхности с российского сегмента МКС”. Он продемонстрировал фотографии поверхности Земли, сделанные с борта МКС в рамках эксперимента “Ураган” – мониторинга земной поверхности для исследования географической оболочки Земли, изучения природных ресурсов и для обнаружения, изучения и прогнозирования природных и техногенных катастроф. На экране школьники наблюдали за движением ледников и ураганов, видели наводнения и пожары. Это – бесценный наглядный материал для уроков географии!

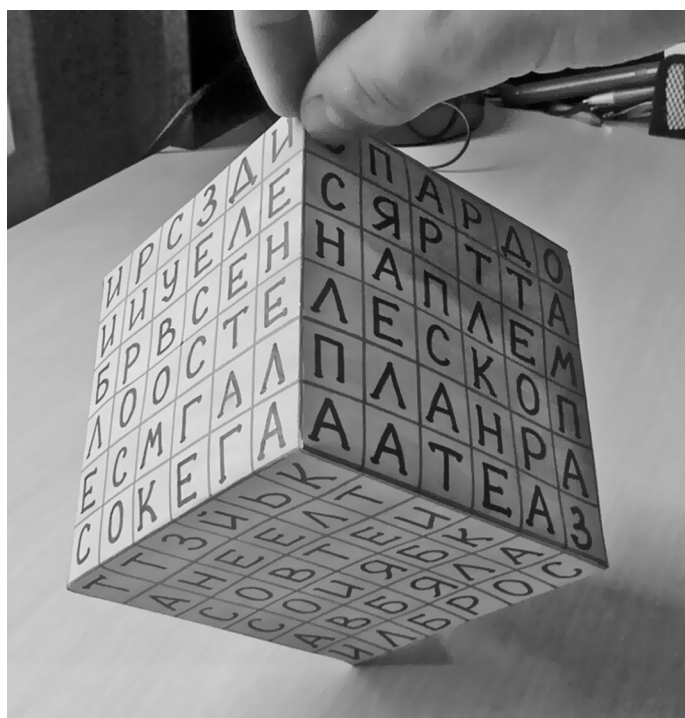
Кроме посещения лекций и экскурсий школьники смогли поучаствовать в творческом конкурсе. Детям 8–14 лет нужно было выполнить рисунок



Ю.А. Неведьев награждает призеров творческого конкурса Молодежной Школы-конференции “Космическая наука”. КФУ, 30 августа 2017 г.

на астрономическую или космическую тематику, ученики постарше могли подготовить вариант эмблемы Молодежной школы “Космическая наука”, а также попробовать составить словесную головоломку (кроссворд, сканворд). Во время работы Школы оргкомитет получил варианты эмблемы Школы-конференции, рисунки и оригинальные астрономические головоломки. Жюри творческого конкурса после жарких дискуссий решили присудить несколько призовых мест в трех номинациях “Космический рисунок”, “Эмблема Молодежной школы” и “Астрономический кроссворд”.

В заключительный день, 30 августа, школьники, представившие лучшие творческие работы, были награждены дипло-



Кубический филворд, созданный победителем творческого конкурса Школы-конференции Егором Колбиным (школа № 91 г. Ижевска). КФУ, 30 августа 2017 г.



Генерал-майор В.Р.Шарипов (Ассоциация космонавтики России), победитель викторины Андрей Афанасьев (Казань) и Б.М. Лейферов (ООО "А-Универсал консалтинг"). КФУ, 30 августа 2017 г.

мами, получили в подарок журналы об истории Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта и ценные призы. Первое место в номинации "Космический рисунок" получила ученица 5 "А" класса СОШ № 38 г.Казани Аделина Наумова за картину "Космос будущего". Лучшей "Эмблемой Молодежной школы" после долгих обсуждений жюри была признана выполненная на ткани работа ученицы 9 класса лицея им. Н.И. Лобачевского КФУ Адили Яфаровой. Оформленный рисунками астрономических объектов сканворд семиклассницы из школы № 56 г. Ижевска Евгении Ходыкиной получил первое место в номинации "Астрономический кроссворд". Члены жюри еди-

нодушно решили выделить самую лучшую работу в творческом конкурсе – кубический филворд "Бескрайние просторы Вселенной" Егора Колбина из 7 "А" класса Ижевской школы № 91; победитель не просто придумал головоломку, подобрал около 30 разнообразных астрономических терминов, но и сделал ее своими руками. Награжден самый активный слушатель Школы-конференции – четвероклассник лицея № 1557 г. Москвы Платон Качалин, который задавал вопросы почти всем выступающим и продемонстрировал свои большие познания в астрономии, несмотря на юный возраст. Вручил награды директор АОЭ профессор Ю.А.Нефедьев. Кроме того, генерал-май-

ор В.Р. Шарипов (Ассоциация космонавтики России) после своей лекции о полете Германа Титова решил провести викторину и задал пять сложных вопросов по космонавтике; ученик казанской школы № 144 Андрей Афанасьев сумел ответить на них и получил памятный знак в честь 60-летия запуска первого ИСЗ.

По окончании Школы-конференции дети и педагоги получили сертификаты участников. Вот некоторые отзывы участников Школы, присланные в адрес Оргкомитета: "Очень были рады поучаствовать в таком масштабном мероприятии! Все проходило на высоком уровне!" (Г.К. Баубекова, астроклуб "Антарес", Казахстан), "Благодарим Вас за приглашение и предоставленную возможность побывать на Летней астрономической школе! Это было здорово! Успехов!" (М.А. Кислицына, средняя школа № 27 г. Кирова с углубленным изучением отдельных предметов).

*А.И. ГАЛЕЕВ,
старший научный сотрудник
кафедр астрономии и
космической геодезии КФУ,
Ю.А. НЕФЕДЬЕВ,
директор Астрономической
обсерватории
им. В.П. Энгельгардта
Р.Р. ШАГИЕВ,
педагог д/о Дворца детского
и юношеского
творчества г. Ижевска
Фото А.И. Галева и
Е.Н. Минеева.*

Тесные сближения звезд с Солнечной системой

В.В. БОБЫЛЕВ,

доктор физико-математических наук

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

ГИПОТЕЗА ООРТА

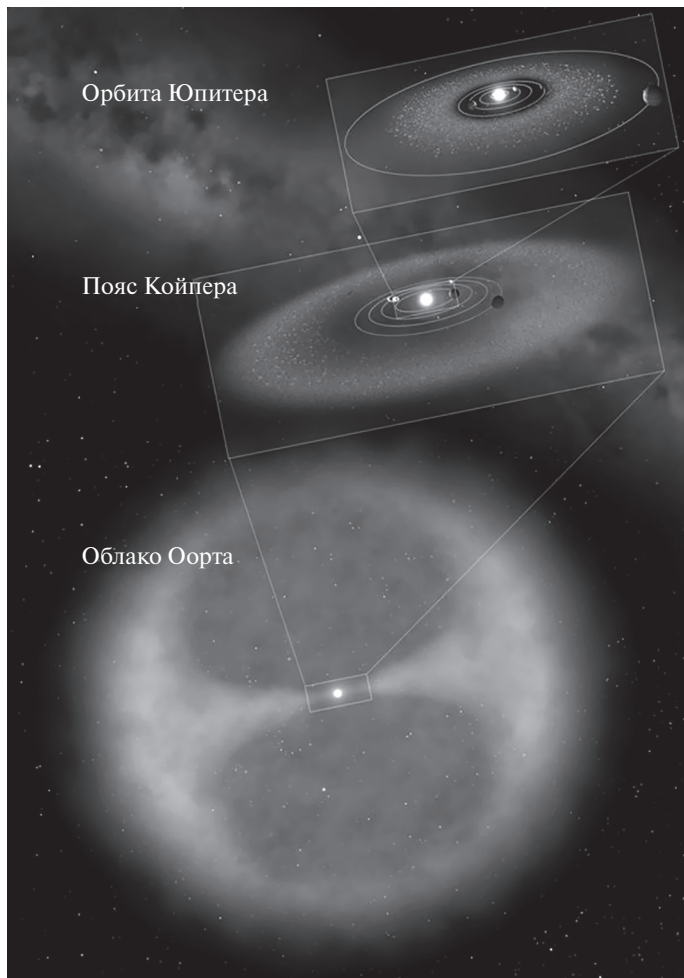
Интерес к проблеме тесных сближений звезд галактического поля (звезды, которые лежат на траектории движения Солнца в Галактике) с Солнцем, в первую очередь, связан с тем, что пролет звезды может привести к различного рода возмущениям объектов Солнечной системы. Согласно гипотезе, выдвинутой в 1950 г. голландским астрономом Яном Оортом, Солнечная система окружена кометным облаком. Предполагается, что оно имеет сферическую форму, с радиусом около 10^5 а.е. (0,48 пк), и содержит примерно 10^{11} комет. На таком большом расстоянии гравитационная связь комет с нашим светилом слаба, поэтому их орбиты легко могут быть подвержены различным внешним возмущениям. К ним относят, например, воздействие межзвездных гигантских газопылевых облаков, возмущения,

вызываемые галактической спиральной волной плотности, галактический прилив и тесные сближения со звездами галактического поля. Возмущения внешних границ облака Оорта таит в себе опасность возникновения кометных ливней, движущихся во внутренние области Солнечной системы. В итоге не исключена возможность бомбардировки такими кометами Луны и Земли.

Солнце движется в Галактике через области с небольшой звездной плотностью. Сегодня оно находится в районе, где среднее расстояние между звездами составляет около 2 пк. Как показывают оценки различных авторов, тесные (менее 1 пк) сближения звезд галактического поля с Солнцем очень редки. Тем не менее, задача поиска возможных звезд-кандидатов не является безнадежной. В последние десятилетия выполняются космические наблюдения

с целью определения массовых высокоточных координат, собственных движений и тригонометрических параллаксов звезд. Прецизионные измерения были выполнены с борта космической астрометрической обсерватории "Гиппаркос" ("Hipparcos", ESA; Земля и Вселенная, 2003, № 5), запущенной в 1989 г. и проработавшей на орбите 37 месяцев. Результаты этой миссии опубликованы в 1997 г. (*The HIPPARCOS and Tycho Catalogues*, ESA SP-1200, 1997).

В определениях тригонометрических параллаксов и собственных движений звезд была достигнута миллисекундная точность, что оказало огромное влияние на решение многих астрономических задач. Сегодня на околоземной орбите работает космическая обсерватория "Гайя" ("Gaia", ESA; Земля и Вселенная, 2014, № 3), запущенная в 2013 г. Планируется,



Сравнение орбиты Юпитера с размерами пояса Койпера и облака Оорта.

является точность определения расстояний, самый надежный метод – тригонометрический. С помощью этого метода определяется тригонометрический параллакс, значение которого затем служит для вычисления расстояния до звезды. Точность наземных наблюдений тригонометрических параллаксов такова, что в итоге надежными (с относительной ошибкой менее 10%) оказываются расстояния до звезд, удаленных от Солнца не более чем на 25–30 пк. В итоге надежные наземные измерения параллаксов измерены всего лишь для нескольких сотен звезд.

Вопрос о сближении звезд с Солнцем до расстояний менее 2–3 пк рассматривался в работах различных авторов. Отметим, например, хорошо известную кратную систему Альфа Центавра, в которую входит наиболее близкая к Солнцу компонента – звезда Проксима Центавра. Уже с использованием наземных измерений было достаточно надежно установлено, что эта система в ближайшем будущем сблизится с орбитой Солнца на расстояние менее 1 пк. Сближение звезды

что в результате выполнения программы измерений в 2020 г. будет достигнута микросекундная точность в определении положений, собственных движений и тригонометрических параллаксов нескольких миллиардов звезд. Первые результаты наблюдений, полученные в течение одного года функционирования на орбите, уже опубликованы в 2016 г. (Gaia Collaboration, T. Prusti et al. *The Gaia mission* // *Astro-*

nomy & Astrophysics, 2016. Т. 595. С. 1).

В предложенной статье автор поднимает проблему поиска звезд-кандидатов, которые имеют ненулевую вероятность проникновения в область кометного облака Оорта. Расскажем о двух необычных звездах – Gliese 710 и WISE0720.

ПОИСК ТЕСНЫХ СБЛИЖЕНИЙ

Одним из ключевых моментов при анализе звездных движений

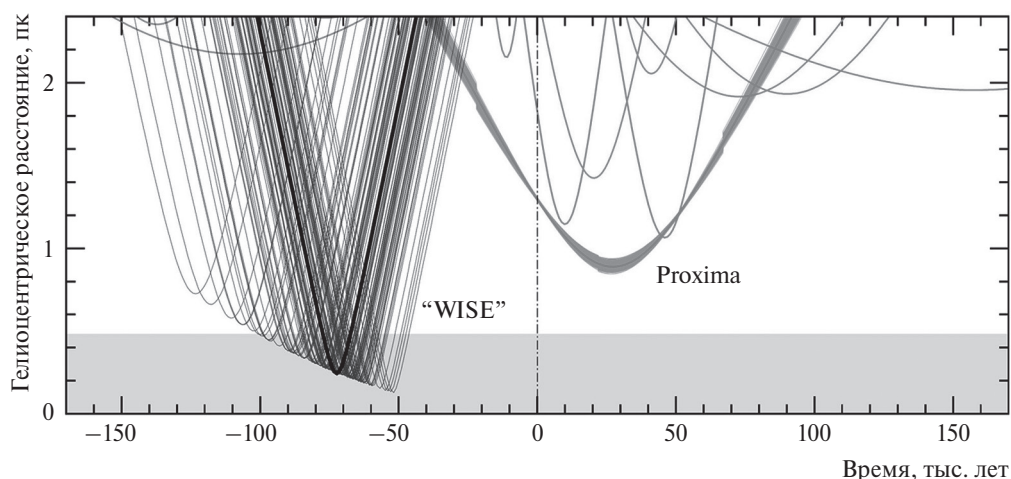


График расстояний между несколькими звездами и Солнцем, в зависимости от времени (от настоящего момента – в прошлое и в будущее). Красными линиями показаны траектории ряда звезд из каталога “Гиппаркос”; жирной черной линией – траектория звезды WISE0720; синими – 100 модельных треков, полученных для этой звезды с помощью метода Монте-Карло с учетом ошибок в исходных данных; фиолетовым цветом очерчены модельные орбиты для Проксимы; желтой заливкой – область облака Оорта. Рисунок автора.

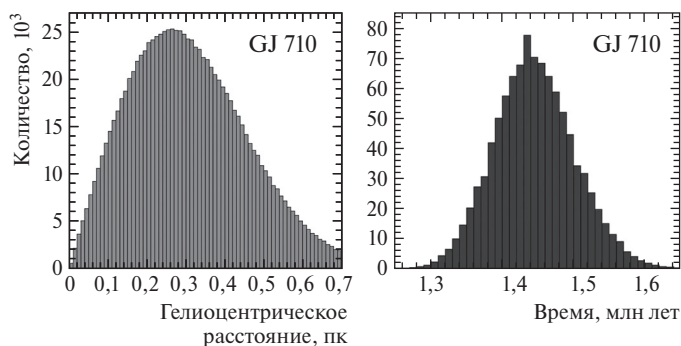
с орбитой Солнца мы характеризуем двумя параметрами: расстоянием минимального сближения $d_{\min}$ в момент времени $t_{\min}$. Для красного карлика Проксимы Центавра, например, эти параметры составляют $d_{\min} = 0,9$ пак и $t_{\min} = 27$ тыс. лет.

Для вычисления трехмерного движения звезды, помимо параллакса и двух компонент собственного движения по каждой из координат, необходимо знать значение ее лучевой скорости (компонента движения, направленная вдоль луча зрения). Измерения этих величин выполняют путем сравнения спектральных линий в звездном

спектре с лабораторным (неподвижным) источником. Для одиночных звезд обычно достаточно 1–2 спектров. Двойные и кратные звезды изучать сложнее, так как требуется серия спектров, охватывающая период обращения мало-массивной компоненты вокруг главной звезды, для определения средней скорости такой системы.

В 2006 г. Пулковский астроном Георгий Гончаров опубликовал сводный каталог лучевых скоростей 35 тыс. звезд; в него вошли как одиночные, так и двойные звезды. Средняя случайная ошибка определения лучевой скорости

в этом каталоге составляет около 2 км/с. В настоящее время массовые наземные определения лучевых скоростей сотен тысяч слабых звезд со средней ошибкой около 2–3 км/с выполняются в рамках проекта “RAVE” (RAAdial Velocity Experiment – эксперимент определения радиальных скоростей). С 2003 г. проводятся наблюдения в Южном полушарии на 1,2-м телескопе системы Шмидта в Англо-Австралийской обсерватории. Опубликованная в 2017 г. последняя версия результатов изменений (DR5) содержит данные о 457 588 звездах. На сегодняшний день это максимальное



Гистограммы распределения параметра $d_{\min}$ наиболее тесного сближения звезды GJ710 с орбитой Солнца (слева) и момента времени такого сближения (справа), построенные с использованием миллиона модельных орбит, вычисленных с учетом ошибок в исходных данных на основе метода Монте-Карло. Рисунок автора.

количество звезд, у которых измерены лучевые скорости с такой высокой точностью.

На основе каталога “Гиппаркос”, в сочетании с известными на тот момент лучевыми скоростями звезд, поиск тесных сближений был осуществлен испанским астрономом Гарсиа-Санчесом и опубликован в работах с соавторами (J. Garcia-Sanchez et al. *Stellar Encounters with the Oort Cloud Based on HIPPARCOS Data* // *Astronomical Journal*, 1999. Т. 117. С. 1042; J. Garcia-Sanchez et al. *Stellar encounters with the solar system* // *Astronomy & Astrophysics*, 2001. Т. 379. С. 634). В итоге были найдены 156 звезд из околосолнечной окрестности радиусом в 50 пк, которые либо сближались, либо будут сближаться с Солнечной системой до

расстояния менее 5 пк в течение ближайших ± 10 млн лет. Из анализа этих данных была оценена частота тесных (ближе 1 пк) встреч звезд с Солнцем; она составляет примерно 12 сближений в миллион лет.

ЗВЕЗДА GJ 710

Одиночная звезда GJ 710 (HD168442, или Gliese 710 находится на расстоянии около 45 св. лет от нас в созвездии Змеи) впервые, в 1957 г. была включена Вильгельмом Глизе в каталог ближайших звезд, расположенных в пределах 25 пк от Солнца. Позже этот каталог был расширен Глизе и Ярайсом, поэтому в обозначении звезды GJ 710 фигурируют фамилии двух астрономов. Эту звезду иногда называют оранжевым карликом, она имеет спектральный класс K7, масса ее составляет около $0,6 M_{\odot}$.

Ж. Гарсиа-Санчесом с соавторами (J. Garcia-Sanchez et al., *Stellar Encounters with the Oort Cloud Based on HIPPARCOS Data* // *Astronomical Journal*, 1999. Т. 117. С. 1042; J. Garcia-Sanchez et al., *Stellar encounters with the solar system* // *Astronomy & Astrophysics*, 2001. Т. 379. С. 634) было показано, что среди звезд “Гиппаркос” звезда GJ 710 считается рекордсменом по тесным сближениям, так как она проникает внутрь облака Оорта. В 2007 г. первые данные орбитальных наблюдений, полученных с борта обсерватории “Гиппаркос”, были существенно образом переработаны голландским астрономом Флором ван Лювеном, что позволило значительно повысить точность параллаксов и собственных движений многих звезд. На основе этой, переработанной версии (в частности, для звезды GJ 710) в работе автора (2010) были найдены следующие значения: $d_{\min} = 0,31 \pm 0,17$ пк и $t_{\min} = 1447 \pm 60$ тыс. лет.

Как выяснилось, точность определения параллаксов и собственных движений звезд в эксперименте на обсерватории “Гайя” оказалась на порядок выше той, что была достигнута обсерваторией “Гиппаркос”. Новые данные позволили польским астрономам Ф. Берскому и П. Дыбжиньскому (Berski F. and

Dybczynski P.A. *Gliese 710 will pass the Sun even closer* // *Astronomy & Astrophysics*, 2016. Т. 595. С. L10) заново проанализировать сближение GJ 710 с Солнцем и изучить ее влияние на кометное облако Оорта. Найденные ими значения минимального расстояния $d_{\min} = 0,065 \pm 0,030$ пк в момент времени $t_{\min} = 1350 \pm 50$ тыс. лет показывают, что сближение может быть существенно более тесным, чем это следовало из данных каталога “Гиппаркос”.

Как показало моделирование, тесный пролет звезды GJ710 может вызвать заметный поток с плотностью около десяти комет в год, продолжительностью 3–4 млн лет. Кометы, направляющиеся непосредственно во внутреннюю область Солнечной системы, в первые 0,6 млн лет после пролета звезды будут сконцентрированы вблизи направления на антиперигелий звездной орбиты. Остальная часть наблюдаемых комет будет значительно рассредоточена по небесной сфере.

ЗВЕЗДА WISE0720

Полное обозначение этой звезды довольно длинное—WISEJ072003.20–084651.2. Она находится на расстоянии около 20 св. лет от нас в созвездии Единорога. На это указывает

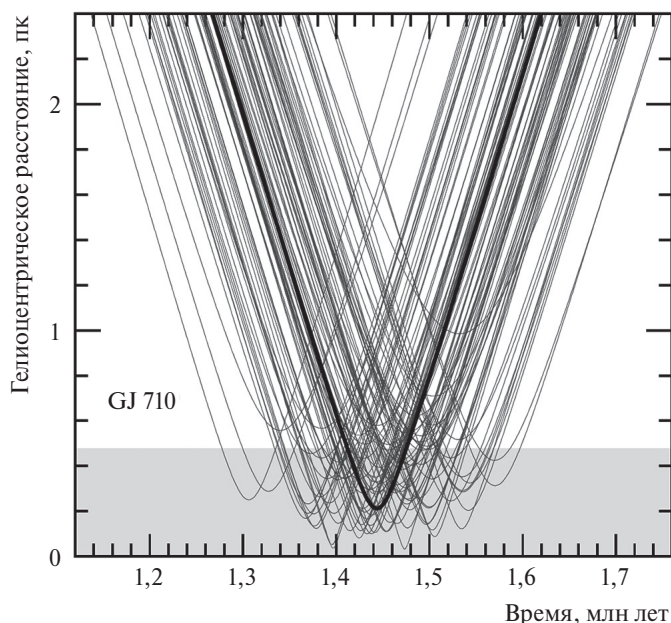
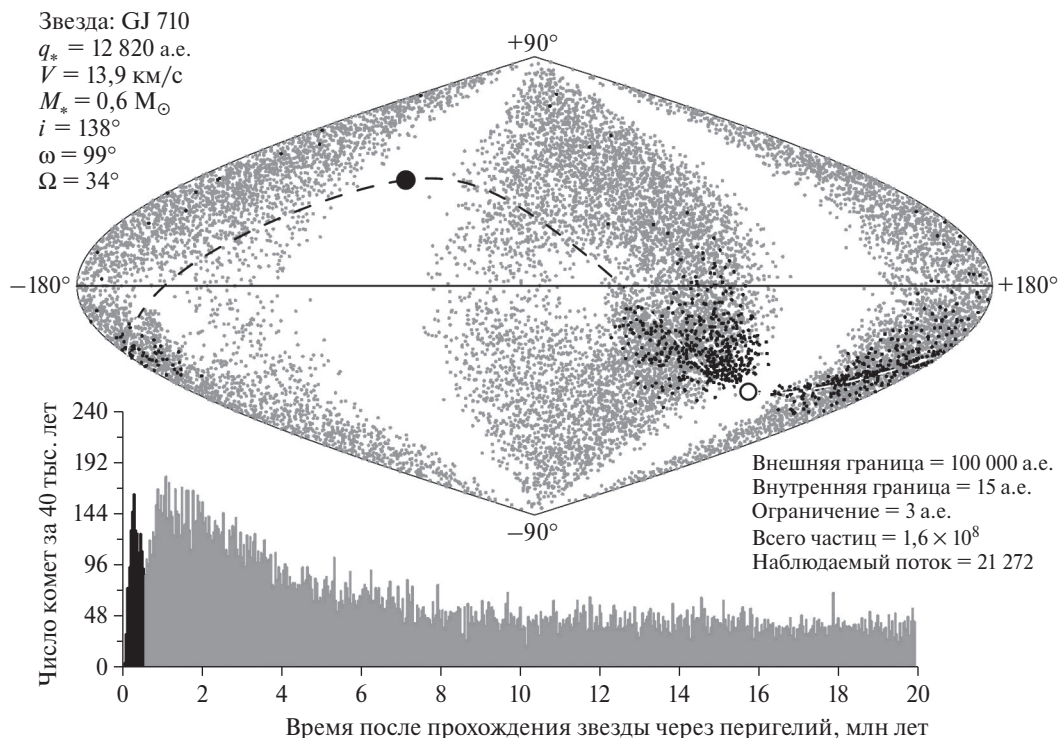


График расстояний между звездой GJ 710 и Солнцем в зависимости от времени (жирная черная линия); синими линиями показаны 100 модельных треков, полученных методом Монте-Карло с учетом ошибок в исходных данных; желтой заливкой показана область облака Оорта. Рисунок автора.

фотометрический каталог, составленный по наблюдениям американской космической обсерватории “WISE” (2010–2012 гг.; Земля и Вселенная, 2010, № 3, с. 63; 2013, № 4, с. 91); в названии есть экваториальные координаты объекта. Это — двойная система, состоящая из двух карликов общей массой около $0,15 M_{\odot}$. Спектральный класс первого компонента оценивается как M9.5, а второго — как T5. Американским астрономом Эриком Мамаеком с соавторами (Mamajek E.E., et al. *The*

Closest Known Flyby of a Star to the Solar System // *The Astrophysical Journal Letters*, 2015. Т. 800. С. 17) были найдены следующие параметры ее сближения с Солнечной системой: $d_{\min} = 0,25 \pm 0,09$ пк, $t_{\min} = 70 \pm 0,12$ тыс. лет в прошлом. По опубликованным Э. Мамаеком данным, мы построили траекторию WISE0720 относительно Солнца и 100 модельных треков. Как видно из рисунка, модельные траектории, построенные для звезды WISE0720, распределены в очень широкой области. Велики



Карта структуры наблюдаемого кометного роя, спровоцированного пролетом звезды GJ 710. Проекция гелиоцентрической орбиты звезды на небесную сферу (в галактических координатах) передана штриховой линией; положение ее перигелия (ближайшего к Солнцу расстояния) отмечено жирной черной точкой (черные точки и черная часть гистограммы – область вблизи антиперигелия звездной орбиты); незаштрихованным кружком – положение антиперигелия. “Приток” комет начинается сразу после пролета звезды и достигает максимума примерно через 1 млн лет. Временная структура кометных ливней (нижняя часть рисунка), охватывающая отрезок в 20 млн лет после пролета звезды. По данным моделирования Ф. Берского и П. Дыб-жиньского (Berski F. and Dybczyński P.A. Gliese 710 will pass the Sun even closer // *Astronomy & Astrophysics*, 2016. Т. 595. С. L10).

случайные ошибки исходных данных, поэтому для этой системы требуются более точные наблюдения практически всех ее кинематических составляющих – параллакса и собственных движений. Так как эта система (по сравнению с GJ 710) обладает в четыре раза меньшей массой, то значительного

потока комет от нее ожидать нельзя.

Автор отметил две уникальные звезды, которые имеют ненулевую вероятность проникновения в область кометного облака Оорта. Их существование уже имеет большое значение для понимания долговременной эволюции Солнечной системы. Эти звезды

показывают, что тесные и очень тесные сближения звезд с Солнечной системой могли происходить в прошлом и могут произойти в будущем. Как показывает моделирование тесного (до расстояния 0,065 пк, что составляет примерно 13500 а.е.) сближения звезды GJ 710 с Солнцем, возможен устойчивый

поток комет с плотностью (около десяти комет в год из далеких окраин Солнечной системы в область больших планет) продолжительностью 3–4 млн лет.

В настоящее время астрономы связывают большие надежды с успешным выполнением космического проекта “Гайя”. Как ожидается,

итоговая точность определения тригонометрических параллаксов к 2020 г. составит от 7 до 20 микросекунд дуги, высока будет и точность собственных движений звезд. В этом проекте запланировано также определение лучевых скоростей звезд, правда, с низкой точностью – со случайной ошибкой

около 15 км/с. Все это позволит получить высокоточные кинематические данные для анализа движений миллиардов звезд из широкой околосолнечной области. Это, в частности, позволит на новом уровне осуществить поиск тесных звездных сближений с Солнечной системой.

Информация

Шторм на Юпитере

24 октября 2017 г. АМС “Юнона” (“Juno”) успешно в 9-й раз сблизилась с Юпитером и выполнила запланированную программу научных наблюдений. Однако на Земле об этом узнали лишь 31 октября – когда станция передала полученные данные на Землю. Дело в том, что Юпитер в этот период находился в верхнем соединении с Солнцем (то есть за Солнцем, по отношению к земному наблюдателю), поэтому радиосвязь

со станцией была сильно затруднена. Следующее сближение станции с Юпитером произойдет 16 декабря 2017 г.

Во время этого полета к планете установленный на борту станции микроволновый радиометр регистрировал электромагнитное излучение в 6-ти спектральных полосах в диапазоне 1,3–50 см, позволяя зондировать атмосферу планеты до уровня давлений в 240 бар. Наблюдения Большого Красного Пятна, проведенные с помощью микроволнового радиометра, показали, что его источник уходит очень глубоко в атмосферу. Получены также фотографии (в улучшенных цветах) мощного шторма

огромных размеров, бушевавшего в Северном полушарии Юпитера (см. 2-ю стр. обложки, вверху). Шторм вращался против часовой стрелки, слои облаков располагались в широком диапазоне высот: более темные находились глубже в атмосфере, по сравнению со светлыми. В самых ярких “рукавах” шторма скопились гряды облаков, которые на снимке отбрасывают тени. Мелкие коричневые облака в форме вихрей размером 7–12 км представляют собой восходящие воздушные потоки кристаллов аммиачного льда – возможно, смешанные с водяным льдом.

*Пресс-релиз NASA,
1 ноября 2017 г.*

Метановые ливни на Титане

На поверхности крупнейшего спутника Сатурна Титана бушуют сильные ливни – к такому заключению пришла группа планетологов и геологов из Калифорнийского университета (США). Хотя эти ливни происходят относительно редко – примерно один раз в течение местного года этого спутника, продолжительность которого на Титане составляет

примерно 29,5 земного года – тем не менее они происходят чаще, чем полагали раньше. Наиболее интенсивные бури, сопровождающиеся метановыми ливнями, приносят примерно 30 см осадков за сутки, что можно сравнить с количеством осадков, выпавшем в августе 2017 г. в Хьюстоне, когда там бушевал ураган Харви, вызвавший катастрофические наводнения.

Ученые установили, что дожди происходят в тех областях поверхности Титана (на широте около 60°), где, согласно построенной ими модели, происходят экстремально мощные бури. АМС “Кассини” зафиксировала наличие аллювиальных вееров (отложений, при-

несенных потоками жидкости); это указывает на то, что отложения образовались в результате мощных метановых ливней. На Титане над областью 75–85° ю.ш. обнаружены токсичные облака из ледяных частиц, формирующиеся на высоте примерно в 160–210 км. Из таких облаков проливаются дожди, представляющие собой смесь органических молекул циановодорода (HCN) и бензола (C₆H₆), одновременно кристаллизующихся при низких температурах и образующих лед, хорошо перемешанный на поверхности Титана.

*Журнал “Nature Geoscience”,
9 октября 2017 г.*

В Галактике обнаружены сложные молекулы

С помощью 65-м радиотелескопа Шанхай-Тяньма (КНР) группа китайских астрономов обнаружила обширную область пространства, простирающуюся более чем на 117 св. лет, с различными сложными молекулами, включая гликолевый альдегид (CH₂ОНCHO), эти-

ленгликоль (НОСН₂CH₂ОН) и спирты (этанол и метанол). Область расположена внутри гигантского молекулярного газопылевого облака Стрелец В2 массой $3 \times 10^6 M_{\odot}$ и размером около 150 св. лет, находящегося в 390 св. годах от центра Млечного Пути и в 25 тыс. св. лет от нас. Гигантский размер облака говорит о том, что это одно из самых крупных молекулярных облаков в Галактике. Полученная находка может иметь большое значение для изучения поведения пребиотических молекул в межзвездном пространстве. Гликолевый альдегид,

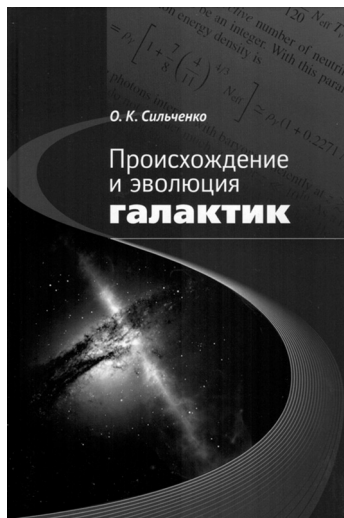
к примеру, представляет собой молекулу, вступающую в реакцию с акролеином (пропеналем), формируя рибозу – основную составляющую молекулы РНК; этиленгликоль – это двухатомный спирт, сходный с этанолом. Как показали исследования, формирование этих молекул не связано со звездообразованием и происходит в “холодных условиях” в результате низкотемпературного химического процесса.

*По материалам
интернет-сайта
“Астроньюс”,
10 октября 2017 г.*

НОВЫЕ КНИГИ

Интересное о галактиках

В книге доктора физико-математических наук, лауреата престижных научных премий, руководителя коллектива астрономов, изучающих структуру и эволюцию галактик различными методами О.К. Сильченко “Происхождение и эволюция галактик” (М.: Век-2, 2017) содержится научно-популярный обзор современного представления о них и собственный взгляд автора на возможное эволюционное толкование фактов.



Это издание заполняет огромный пробел в наших знаниях о галактиках, поскольку на русском языке уже несколько десятилетий

не публиковались подобные обзоры.

Познакомившись с этой книгой, читатель сможет ощутить глубину поиска и уровень проблем, встающих перед теми, кто изучает историю Вселенной. В обзоре рассказано о классификации и типах галактик; как и почему менялась со временем их структура и какими методами ученые исследуют их свойства; о том, почему именно эта область наших представлений о Вселенной в наши дни бурно развивается и полна неожиданных открытий.

Книга предназначена для всех, кто интересуется вопросами современной астрономии.

Информация

Гигантский айсберг, отделившийся от Антарктиды

В июле 2017 г. айсберг А-68А (один из крупнейших в истории нашей планеты) отделился от шельфового ледника Ларсена в Антарктиде. Сложно даже представить себе этот гигантский кусок льда площадью более 6 тыс. км², что по сути составляет 10% от всей площади шельфа. NASA, в рамках проекта “IceBridge” по картографированию Антарктиды, опубликовало удивительные фотографии этого айсберга.



Гигантский айсберг А-68А площадью более 6 тыс. км², отделившийся от Антарктиды. Фото NASA.

В ходе ежегодного проекта “IceBridge” специалисты этого агентства изучают шельфовые ледники Арктики и Антарктики. Цель ученых – понять механизм процессов взаимодействия между льдом и океанами, а также научиться вычислять толщину шельфовых

ледников. Кроме того, исследователей также интересует траектория движения гигантских айсбергов, периодически откалывающихся от шельфов (как это случилось с А-68А).

*Пресс-релиз NASA,
17 ноября 2017 г.*

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: май–июнь 2018 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Май		
4	20	Луна проходит в 1° севернее Сатурна
6	0	Луна в апогее
6	6	Луна проходит в 2° севернее Марса
8	2	Луна в последней четверти
9	0	Юпитер в противостоянии с Солнцем
15	11	Новолуние
17	18	Луна проходит в 6° южнее Венеры
17	21	Луна в перигее
22	3	Луна в первой четверти
27	19	Луна проходит в 3° севернее Юпитера
29	14	Полнолуние
Июнь		
1	0	Луна проходит в 1° севернее Сатурна
2	16	Луна в апогее
3	10	Луна проходит в 2° севернее Марса
6	2	Меркурий в верхнем соединении с Солнцем
6	18	Луна в последней четверти
8	8	Венера проходит в 4,7° южнее звезды Поллукс (β Близнецов)
13	19	Новолуние
14	23	Луна в перигее
16	12	Луна проходит в 3° южнее Венеры
19	12	Нептун переходит от прямого движения к попятному

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
20	10	Луна в первой четверти
21	10	Летнее солнцестояние
23	21	Луна проходит в 3° севернее Юпитера
27	13	Сатурн в противостоянии с Солнцем
28	3	Луна проходит в 1° севернее Сатурна
28	4	Полнолуние
28	13	Марс переходит от прямого движения к попятному
30	2	Луна в апогее
30	23	Луна проходит в 4° севернее Марса

Примечание. Во всех таблицах и в тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

Таблица II

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
					восход	заход	восход	заход	восход	заход
	ч	м	°	'	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м
Май 01	02	32	+14	55	04:51	19:08	04:21	19:37	03:27	20:31
11	03	10	+17	45	04:37	19:20	04:01	19:56	02:51	21:06
21	03	50	+20	05	04:26	19:31	03:44	20:13	02:16	21:41
31	04	30	+21	50	04:18	19:41	03:31	20:29	01:42	22:17
Июнь 10	05	11	+22	58	04:14	19:49	03:23	20:40	01:15	22:48
20	05	53	+23	26	04:14	19:53	03:21	20:46	01:01	23:06
30	06	35	+23	12	04:17	19:54	03:25	20:46	01:12	22:59

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время захода Солнца 25 мая 2018 г. в Санкт-Петербурге (широта – 59°57', долгота – 2°01', 2-я часовая зона – московское время UT + 3^ч). Пользуясь Таблицей II, интерполируем по широте значение времени захода Солнца на 25 мая, получаем 20^ч 56^м. Вычтем из него долготу места, прибавим 3^ч, получим 21^ч 55^м.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'		"		45°	55°	65°		
Меркурий												
Май	01	00	54,1	+02	41	0,3	7,8	0,46	—	—	—	
	11	01	40,6	+07	21	−0,1	6,6	0,61	—	—	—	

Таблица III (окончание)

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
21	02	41,5	+13	39	-0,6	5,7	0,79	—	—	—		
31	03	59,4	+20	14	-1,5	5,1	0,96	—	—	—		
Июнь	10	05	32,2	+24	35	-1,8	5,1	0,98	—	—	—	
20	07	02,1	+24	40	-0,8	5,6	0,81	—	—	—		
30	08	13,9	+21	23	-0,2	6,4	0,63	0,3	—	—	вечер	
Венера												
Май	01	04	21,8	+22	23	-3,9	11,6	0,89	2,5	2,8	3,7	вечер
	11	05	13,8	+24	17	-3,9	12,0	0,86	2,7	3,1	3,7	вечер
	21	06	06,6	+25	03	-3,9	12,6	0,83	2,8	3,1	3,1	вечер
	31	06	59,0	+24	38	-3,9	13,2	0,81	2,9	3,0	1,9	вечер
Июнь	10	07	50,1	+23	04	-4,0	13,9	0,77	2,8	2,8	—	вечер
	20	08	39,0	+20	29	-4,0	14,7	0,74	2,7	2,5	—	вечер
	30	09	25,4	+17	04	-4,1	15,8	0,70	2,5	2,2	—	вечер
Марс												
Май	01	19	41,0	-22	44	-0,4	11,1	0,88	3,9	2,4	—	утро
	11	20	00,3	-22	20	-0,6	12,2	0,89	4,1	2,5	—	утро
	21	20	17,3	-22	00	-0,9	13,6	0,90	4,4	2,7	—	утро
	31	20	31,6	-21	47	-1,2	15,1	0,91	4,7	3,0	—	утро
Июнь	10	20	42,4	-21	48	-1,5	16,9	0,93	5,2	3,4	—	утро
	20	20	49,1	-22	08	-1,8	18,7	0,94	5,7	4,0	—	ночь
	30	20	50,9	-22	47	-2,1	20,7	0,96	6,4	4,6	—	ночь
Юпитер												
Май	01	15	08,1	-16	16	-2,4	44,6	1,00	9,0	7,8	5,5	ночь
	11	15	03,0	-15	56	-2,4	44,8	1,00	8,9	7,6	4,9	ночь
	21	14	58,0	-15	36	-2,3	44,6	1,00	8,4	7,0	3,8	ночь
	31	14	53,4	-15	18	-2,3	44,1	1,00	7,7	6,3	2,5	ночь
Июнь	10	14	49,5	-15	03	-2,3	43,4	1,00	7,0	5,6	0,4	ночь
	20	14	46,5	-14	52	-2,2	42,5	1,00	6,2	4,9	—	вечер
	30	14	44,6	-14	46	-2,2	41,5	0,99	5,5	4,2	—	вечер
Сатурн												
Май	01	18	37,9	-22	16	0,4	17,5	1,00	4,7	3,2	—	утро
	11	18	36,7	-22	17	0,3	17,8	1,00	5,1	3,5	—	утро
	21	18	34,8	-22	19	0,2	18,0	1,00	5,6	3,8	—	ночь
	31	18	32,4	-22	21	0,2	18,2	1,00	6,2	4,1	—	ночь
Июнь	10	18	29,7	-22	23	0,1	18,3	1,00	6,6	4,3	—	ночь
	20	18	26,6	-22	26	0,1	18,4	1,00	6,9	4,4	—	ночь
	30	18	23,4	-22	29	0,0	18,4	1,00	7,0	4,5	—	ночь

Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени, F – фаза планеты.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий в мае невидим. 6 июня он окажется в верхнем соединении с Солнцем. В последних числах июня и в первых числах июля в южных широтах нашей страны после захода Солнца можно увидеть Меркурий не более 0,3 ч. Планета в этот короткий период видимости переходит 28 июня из созвездия Близнецов в созвездие Рака, в начале июля пропадает в вечерних лучах Солнца. Видимый угловой диаметр Меркурия 30 июня составит 6,4", блеск $-0,2^m$.

Венера продолжает удаляться от Солнца на небосводе, но становится ближе к Земле и видна в вечернее время. В начале мая она перемещается по созвездию Тельца и проходит в 6° севернее рассеянного звездного скопления Гиады. 20 мая Венера переходит в созвездие Близнецов, где 8 июня пройдет в $4,7^\circ$ южнее звезды Поллукс (β Близнецов). 12 июня планета переходит в созвездие Рака, и 20 июня пройдет примерно в $0,5^\circ$ севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44); 29 июня переходит в созвездие Льва. Продолжительность видимости Венеры в северных широтах России быстро сокращается — с 3,7 ч (1 мая) до 1,9 ч (31 мая), и в начале июня пропадает в вечерних лучах заходящего Солнца. В средних и южных широтах нашей страны продолжительность видимости Венеры 1 мая составит 2,8–2,5 ч, затем немного увеличится, до 3,1–2,9 ч, и далее уменьшится до 2,2–2,5 ч. 30 июня (смотри в *Таблице III*). Видимый угловой диаметр Венеры вырастет с 11,6" (1 мая) до 15,8" (30 июня), блеск немного возрастет: с $-3,9^m$ до $-4,1^m$. Луна пройдет недалеко от Венеры 17 мая и 16 июня.

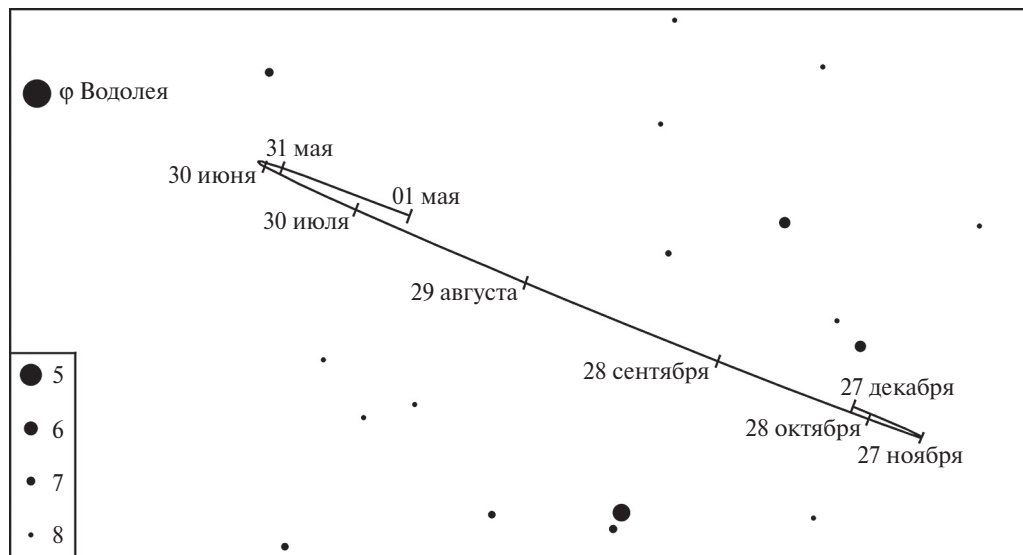
Марс продолжает удаляться на небосводе от дневного светила, приближается к Земле и виден в мае утром; после 20 июня — ночью. Сначала планета перемещается по созвездию Стрельца, 15 мая — переходит в созвездие Козерога. В северных широтах нашей страны Марс не виден, в средних и южных широтах продолжительность его видимости увеличивается с 2,4–3,9 ч (1 мая) до 4,6–6,4 ч

(30 июня). Видимый угловой диаметр Марса увеличивается с 11,1" (1 мая) до 20,7" (30 июня), блеск — с $-0,4^m$ до $-2,1^m$. 28 июня планета переходит от прямого движения к попятному. Луна пройдет недалеко от Марса 6 мая, 3 и 30 июня.

Юпитер в мае виден ночью, в конце июня — вечером, он перемещается по созвездию Весов. 9 мая планета-гигант окажется в противостоянии с Солнцем. В северных широтах России продолжительность видимости Юпитера сокращается с 5,5 ч (1 мая) до 0,4 ч (10 июня) и вскоре пропадает; в средних широтах — с 7,8 ч (1 мая) до 4,2 ч (30 июня); в южных широтах — с 9,0 ч (1 мая) до 5,5 ч (30 июня). Видимый угловой диаметр Юпитера в этот период сначала немного возрастет, с $44,6''$ до $44,8''$ (в начале мая), после противостояния с Солнцем — уменьшится до $41,5''$ (30 июня). Блеск Юпитера в этот период времени уменьшается с $-2,4^m$ до $-2,2^m$. Луна пройдет недалеко от планеты-гиганта 27 мая и 23 июня.

Сатурн в мае–июне перемещается по созвездию Стрельца и виден в начале мая утром, с середины мая — ночью в средних и южных широтах России. Продолжительность его видимости увеличивается: в средних широтах страны — с 3,5 ч (1 мая) до 4,5 ч (30 июня), в южных — с 4,7 ч до 7,0 ч. Видимый угловой диаметр Сатурна возрастет с $17,5''$ (1 мая) до $18,4''$ (30 июня), блеск в этот период увеличится с $0,4^m$ до $0,0^m$. 27 июня планета будет в противостоянии с Солнцем. Луна пройдет недалеко от Сатурна 4 мая, 1 и 28 июня.

Нептун можно наблюдать в телескоп или крупный бинокль; он находится в созвездии Водолея, недалеко от звезды ϕ Водолея ($4,2^m$). 19 июня Нептун переходит от прямого движения к попятному, 7 сентября произойдет его противостояние с Солнцем. 25 ноября он переходит от попятного движения к прямому. 7 декабря в 14 ч UT Марс пройдет в $2'$ севернее Нептуна. Это тесное сближение планет можно увидеть с помощью небольшого телескопа.



Видимый путь Нептуна на небесной сфере в мае–декабре 2018 г.

Таблица IV

ЭФЕМЕРИДЫ НЕПТУНА 2018 г.

Дата		α		δ		m	d
		ч	м	°	'		''
Май	01	23	08,5	−06	32	7,9	2,4
Май	31	23	10,5	−06	20	7,9	2,4
Июнь	30	23	10,7	−06	20	7,9	2,5
Июль	30	23	09,3	−06	30	7,8	2,5
Август	29	23	06,6	−06	48	7,8	2,5
Сентябрь	28	23	03,6	−07	07	7,8	2,5
Октябрь	28	23	01,3	−07	21	7,8	2,5
Ноябрь	27	23	00,5	−07	25	7,9	2,5
Декабрь	27	23	01,5	−07	18	7,9	2,4

В.И. ЦИВЬЁВ
г. Балашиха,
Московская область

Ф.СП-I	АБОНЕМЕНТ												70336 (индекс издания)											
	на <u>газету</u> ж у р н а л												Количество комплектов											
	Земля и Вселенная (наименование издания)																							
	на ____ год по месяцам:																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
	Куда _____ (почтовый индекс)												_____ (адрес)											
	Кому _____ (фамилия, инициалы)																							
		ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА												70336 (индекс издания)										
на <u>газету</u> ж у р н а л												Количество комплектов												
Земля и Вселенная (наименование издания)																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">ПВ</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">место</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">литер</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>												ПВ	место	литер										
ПВ		место	литер																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">Стои- мость</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">подписки пере- адресовки</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">_____ руб. _____ коп.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">_____ руб. _____ коп.</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>												Стои- мость	подписки пере- адресовки	_____ руб. _____ коп.	_____ руб. _____ коп.									
Стои- мость		подписки пере- адресовки	_____ руб. _____ коп.	_____ руб. _____ коп.																				
на ____ год по месяцам:																								
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
Куда _____ (почтовый индекс)												_____ (адрес)												
Кому _____ (фамилия, инициалы)																								

Дорогие читатели!
Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”
(I полугодие 2018 г.) во всех отделениях связи.
Подписаться можно и по интернету,
воспользовавшись каталогом журналов
на сайте “Почта России”.
Подписной индекс – 70336.

Заведующая редакцией Л.В. Рябцева
Зав. отделом космонавтики и геофизики С.А. Герасютин

Художественный редактор О.Н. Никитина
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректоры Р.В. Молоканова, Т.И. Шеповалова
Обложку оформила О.Н. Никитина

Адрес редакции: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90
Телефон: 8(495) 276-77-28 доб. 42-31 или 42-32
E-mail: zevs@naukaran.com

Сдано в набор 29.01.2018 г.	Подписано к печати 15.03.2018 г.	Дата выхода в свет 26.03.2018 г.
	Формат 70 × 100 ¹ / ₁₆	Цифровая печать
Усл.печ.л. 9.1	Усл.кр.-отт. 2.5 тыс.	Уч.-изд.л. 12.3
Доп. тираж 237 экз.	Зак. 39	Бум.л. 3.5
	Цена свободная	

Учредители: Российская академия наук, Президиум





"НАУКА"
Индекс 70336